汽车维修入门书系



汽车发动机维修





一天一个专项
30天汽车发动机维修全掌握

一点一滴积累
1个月菜鸟轻松变高手

李林◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM



汽车维修入门书系

汽车发动机维修快速入门30天

李林◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是汽车发动机基础知识和维修技能快速入门的普及读物，以“每天一个专题”的形式，用大量形象的图和生动简洁的语言来描述四冲程汽油发动机的结构、工作原理及拆装、检修、调整、故障分析等基本维修技能。

本书除了对发动机的进排气系统、机体组、曲柄连杆机构、配气机构、冷却系统、润滑系统和燃油系统等基本组成部分做了详细介绍，还阐述了发动机的各种可变气门正时系统、燃油供给系统、高压燃油直喷系统和发动机电气系统，内容新颖而独到。全书着重强调实际操作能力和各系统相应故障的诊断与排除方法，即学即会，具有很强的可读性，是一本对发动机维修人员非常有用的培训与指导用书。

本书旨在让读者1个月内学会汽车发动机的基础知识和诊断维修技能，适合刚走上汽车维修岗位的初级技术人员阅读，或作为汽车维修工的培训教材，还可作为汽车培训机构以及大中专院校师生的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

汽车发动机维修快速入门30天/李林主编．—北京：机械工业出版社，2016.11

（汽车维修入门书系）

ISBN 978-7-111-54632-0

Ⅰ.①汽…　Ⅱ.①李…　Ⅲ.①汽车－发动机－车辆修理　Ⅳ.①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第198090号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：杜凡如　连景岩　责任编辑：杜凡如　连景岩
责任校对：张玉琴　潘　蕊　封面设计：鞠　杨
责任印制：常天培
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2016年10月第1版第1次印刷
184mm×260mm·15.75印张·387千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-54632-0
定价：39.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010-88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010-88379203	金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

前 言

随着我国家庭用车的增多及汽车整体保有量的增长，汽车已经成为人们日常生活中离不开的代步工具，成为日常生活中重要的一部分，汽车的使用、保养与维修也日益受到用户的重视。发动机作为汽车的重要组成部分，决定了整车的性能和品质。为了让更多驾驶人和刚刚接触汽车保养与维修行业的初级维修工熟悉汽车发动机的保养、维修要点，掌握汽车发动机的结构原理和维修知识，提高从业人员技术和实践水平，特编写了本书。

本书以每天一个专题的形式，重点讲述了维修工应具备的汽车发动机基础知识和基本维修技能。全书共分 30 天内容（30 个专题），详细阐述了汽车发动机进排气系统、机体组、曲柄连杆机构、配气机构、冷却系统、润滑系统、各种可变气门正时系统、燃油供给系统、高压燃油直喷系统、发动机电控管理系统和发动机电子防盗系统等的功用、基本结构、工作原理，以及基本维修步骤、故障诊断与排除等实际维修技能。

全书简单易懂，将复杂的理论知识融合到图示中，便于理解。本书除了介绍主要部件的结构知识以外，增加了主要部件的拆装和维修，着重实际操作能力的培训，强调即学即用，是汽车运用人员和维修人士贴身、高效的“汽修老师”。

本书可作为汽车修理工入门和提高的自学教材以及汽车修理工职业技能鉴定的辅导用书，也可作为汽车专业师生和从事汽车保养与维护、汽车检测、汽车维修管理的技术人员以及汽车修理工与驾驶人的参考用书。

本书由李林主编，参加本书编写工作的还有肖华、邹忠发、李春、王成生、颜雪飞、颜复湘、陈牛芳、欧阳汝平、李孝武、朱莲芳、何英、李龙梅、皮军、吴林华、范兴武、杨炉华、杨莉香、魏善君、肖志锋、黄忠建、李元。

由于本书涉及的专业内容较多，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编　者

目 录

前言
第 1 天　发动机的类型和规格参数 …… 1
第 2 天　发动机的总体构造 …… 6
第 3 天　发动机的工作原理 …… 11
第 4 天　发动机悬置系统和发动机的吊装 …… 15
第 5 天　进气系统 …… 22
第 6 天　排气系统 …… 31
第 7 天　机体组 …… 39
第 8 天　曲柄连杆机构 …… 49
第 9 天　平衡轴装置 …… 66
第 10 天　配气机构 …… 74
第 11 天　发动机气门正时校对与调整 …… 91
第 12 天　丰田 **VVT－i** 可变气门正时系统 …… 101
第 13 天　本田 **VTEC** 可变气门系统 …… 112
第 14 天　宝马 **Valvetronic** 可变气门升程系统 …… 119
第 15 天　涡轮增压系统 …… 127
第 16 天　废气再循环系统 …… 133
第 17 天　曲轴箱通风系统 …… 138
第 18 天　燃油供给系统 …… 143
第 19 天　高压燃油直喷系统 …… 155
第 20 天　燃油蒸发排放（EVAP）控制系统 …… 163
第 21 天　冷却系统 …… 170
第 22 天　润滑系统 …… 178
第 23 天　点火系统 …… 186
第 24 天　起动系统 …… 193
第 25 天　充电系统 …… 202
第 26 天　发动机电控系统的组成与工作原理 …… 210
第 27 天　发动机电控系统的检修 …… 221
第 28 天　发动机电子防盗系统的组成与工作原理 …… 230
第 29 天　发动机电子防盗系统的维修 …… 235
第 30 天　发动机常见故障的检修 …… 241
参考文献 …… 248

第 1 天

发动机的类型和规格参数



学习目标

1. 了解常见发动机的类型和特点。
2. 通过发动机主要参数了解发动机的结构和性能。

一、发动机的类型

汽车发动机是将化学能转化为机械能的一种机器，即将燃料在气缸内部燃烧产生的热能直接转化为机械能。汽车发动机采用的基本上是往复活塞式内燃机。汽车发动机的类型见表 1-1。

表 1-1　发动机的类型

分类	特点	图示
按照使用燃料的不同分类	**汽油发动机** 汽油发动机以汽油为燃料。由于汽油黏度小，蒸发快，可以用汽油喷射系统将汽油喷入气缸，经过压缩达到一定的温度和压力后，用火花塞点燃，使气体膨胀做功。汽油机的特点是转速高、结构简单、质量轻、造价低廉、运转平稳	
	柴油发动机 柴油发动机以柴油为燃料。柴油的黏度比汽油大、不易蒸发，但自燃温度低，因而柴油发动机气缸中的混合气是压燃的，而不是点燃的。与汽油发动机相比，柴油发动机具有燃油经济性好、低速大转矩等特点，但存在平顺性相对较差、噪声较大等缺点	

（续）

分类	特点	图示
按照使用燃料的不同分类	**LPG 发动机** 以 LPG（液化石油气）为燃料。LPG 在常温下用不大的压力（约 1.6MPa）即可变成液体，液态 LPG 经减压和气化后，再经混合器与空气均匀混合。LPG 热值高，气体与空气混合好，燃烧完全，气缸与燃烧室内的积炭也少，发动机运转较平稳；LPG 不含铅和硫，排气污染小。LPG 常用作轻型车辆的燃料	
	CNG 发动机 以 CNG（压缩天然气）作为燃料。压缩天然气从储气钢瓶出来经减压后与空气在混合器内充分混合，进入发动机缸内，经火花塞点燃进行燃烧。CNG 的辛烷值高，抗爆性能好，且燃烧完全，热值高，运行成本低，尾气排放对大气的污染小	
	双燃料发动机 可以使用两种燃料，如某些出租车，既可以使用汽油，又能使用 LPG 或 CNG。LPG－柴油双燃料发动机则是以柴油为引火燃料，可燃气体为主燃料的发动机。双燃料发动机适应性强，无气态燃料时，完全可以转换到纯汽油/柴油工作模式。使用气态燃料时可降低废气排放量，减少环境污染，提高经济效益	
按照气缸排列方式和数目分类	**直列式发动机** 又称 L 型发动机，L4 就代表直列 4 缸，常见的有 L3、L4、L5、L6 型直列式发动机。 直列式是应用最为广泛的气缸排列形式，尤其是 2.5L 以下排量的发动机。其特点是所有气缸均在一个平面，并且只使用一个气缸盖，缸体和曲轴的结构相对简单。这种发动机的优势在于尺寸紧凑，稳定性高，低速转矩特性好并且燃料消耗也较少，制造成本更低	
	V 型发动机 V 型发动机是将所有气缸分成两组，把相邻气缸以一定夹角布置一起，使两组气缸形成一个夹角的平面，从侧面看气缸呈 V 形。 V 型发动机缩短了机体的长度和高度，更低的安装位置便于装载在风阻系数更低的车身，同时得益于气缸对向布置，还可抵消一部分振动，使发动机运转更为平顺和安静	

（续）

分类	特点	图示
按照气缸排列方式和数目分类	**W 型发动机** W 型发动机是德国大众专属发动机技术。将两个 V 型发动机的每侧气缸再进行小角度的错开，就成了 W 型发动机。 W 型发动机可以做得更短一些，这样就能节省发动机所占的空间，同时减轻了重量，但它的宽度更大，使得发动机室更满。 常见的 W 型发动机有大众和奥迪的 W8、W12 发动机，这种发动机因气缸多，排量相对较大，动力更强	
	水平对置式发动机 水平对置式发动机其实是气缸夹角为 180° 的 V 型发动机，但这种发动机的制造成本和工艺难度相当高，所以目前世界上只有保时捷和斯巴鲁两个厂商在使用。 这种发动机的特点是活塞平均分布在曲轴两侧，在水平方向上左右运动，两侧活塞产生的力矩相互抵消，大大降低了振动。发动机的整体高度降低、长度缩短，整车的重心降低，车辆行驶更加平稳	
按照进气方式分类	**自然吸气式发动机** 自然吸气是发动机的一种传统进气方式，是指新鲜空气靠活塞向下运行时的抽吸作用被吸入气缸内。自然吸气式发动机在动力输出的平顺性与响应的直接性上，要优于增压式发动机，同时，自然吸气式发动机的工作温度稍低，从而产生的积炭少一些，发动机寿命相对较长	节气门体 进气导管 进气歧管 进气管 空气滤清器
	增压式发动机 为增大功率，在发动机上装有增压器，使进入气缸的气体预先经过压气机压缩后再进入气缸。因此，涡轮增压可以在排量较小的情况下提供更大的功率和转矩。发动机装上涡轮增压器后，其最大功率与未装增压器的时候相比可以增加 40% 甚至更高。但是涡轮增压式发动机的工作温度更高，机油消耗量增大，保养维护相对麻烦些	

（续）

分类	特点	图示
按照燃油喷射方式分类	**缸外燃油喷射** 缸外喷射系统是将喷油器安装在进气管或进气歧管上，以0.20～0.35MPa的喷射压力将汽油喷入进气管或进气道内。前者称进气管喷射（单点电喷），后者称进气道喷射（多点喷射）。大部分的汽油发动机都是采用缸外多点燃油顺序喷射，喷油器被安装于进气歧管内或进气门附近，汽油和空气在此处混合成可燃混合气。 缸外喷射系统喷油压力不高，具有结构简单、成本较低，保养维修方便等特点	
	缸内直接喷射 缸内直接喷射发动机的高压喷油器直接伸入燃烧室内，高压油泵将燃油（汽油）加压后直接喷入气缸内。缸内直喷的优点是压缩比高、耗油量低、升功率大，但制造成本稍高。 由于喷射压力提高，喷嘴位置、喷雾形状、进气气流控制以及活塞顶形状等特别的设计，使油气能够在整个气缸内充分、均匀地混合，从而使燃油充分燃烧，能量转化效率更高	

二、发动机的主要参数

发动机参数是指表述发动机基本构造和性能的参数，如气缸数目、气缸排列方式、气缸直径、活塞行程、压缩比、发动机排量、额定功率、最大转矩等。这些参数，决定了发动机的公称尺寸，而且和发动机的基本性能有着直接的关系。东风风神S30轿车发动机的主要参数见表1-2。

评价一个发动机性能高低最直接的参数，通常是其额定功率和最大转矩。额定功率表明该发动机能产生多大的功率，即有多大的“能耐”；最大转矩常出现在某一转速范围，用来表征发动机克服阻碍的“能力”以及汽车具备的加速性能。

表1-2　东风风神S30轿车发动机主要参数

项目	参数
发动机型号	N6A 10FX3A PSA
发动机布置形式	前置、横向布置
缸数	直列4缸
排量（cm^3）	1587
缸径×冲程（mm×mm）	$\Phi78.5\times82$

（续）

项目	参数
压缩比	10.5/1
燃油	RON93 号以上无铅汽油可兼容 10% 酒精
排放标准	国Ⅲ/国Ⅳ
额定功率（转速）/kW（r/min）	78/5750
最大转矩（转速）/N·m（r/min）	142/4000
电喷系统	多点喷射（BOSCH ME7.4.4）
供油切断点（r/min）	6500
发电机	交流（110A/4800r/min）
起动机功率/kW	1.3



你学会了吗？

1. 汽车发动机的作用是什么？最常见的类型是哪种？
2. 按进气方式分，发动机可分为________和________。
3. 按燃油喷射方式分，发动机可分为________和________。
4. 发动机的主要参数有哪些？其中最重要的两个参数是什么？

第 2 天

发动机的总体构造

学习目标

1. 了解汽油发动机的基本结构与组成。
2. 在发动机上指认出各组成部件的名称。
3. 熟悉发动机术语，了解其代表的含义。

一、发动机的构成

现代汽车的发动机大都是将汽油或柴油与空气混合直接在气缸内部燃烧，利用燃烧气体的膨胀压力来推动机器运转产生动力的，所以称为内燃机。由于发动机的基本原理相似，总体构造也就大体一致。汽油发动机通常由两大机构和五大系统组成，马自达 6 轿车发动机的总体结构如图 2-1 所示。

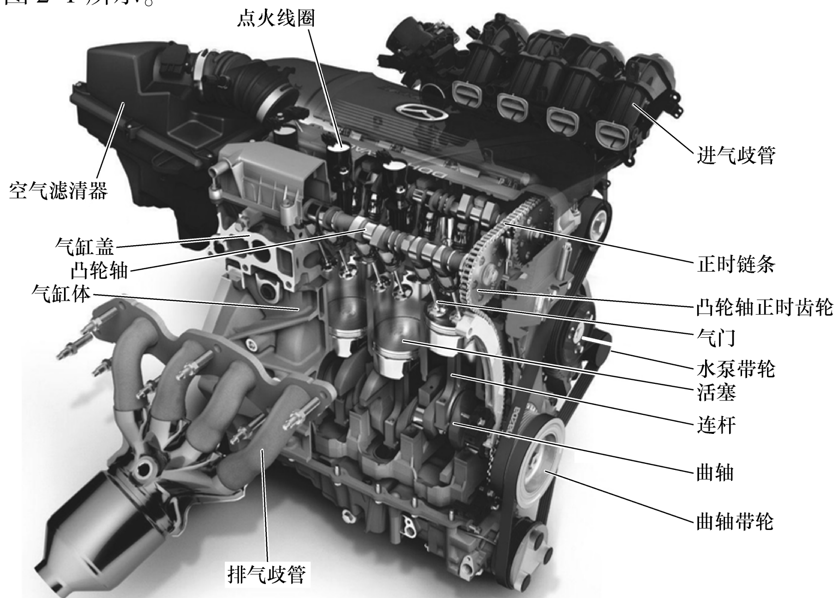


图 2-1　马自达 6 轿车发动机总体结构图

发动机的基本结构见表 2-1。

表 2-1　发动机的基本结构

结构名称	部件组成	功用
曲轴连杆机构	主要由机体组（气缸体、气缸盖、油底壳）、活塞连杆组（活塞、连杆）、曲轴飞轮组（曲轴、飞轮）组成	曲轴连杆机构是产生和输出动力的机构，是发动机实现热能转换的主要运动部件。机体是发动机的基本骨架，提供活塞运动的空间。活塞与连杆用来承受气体压力，推动曲轴旋转做功，对外输出动力。曲轴与飞轮将连杆传来的力变成转矩，经飞轮传给传动装置，同时驱动水泵、发电机等附件工作
配气机构	大多采用单顶置/双顶置气门配气机构，主要由气门组（气门、气门导管、气门弹簧）和气门传动组（正时齿轮、正时链条或正时带、凸轮轴、挺柱、摇臂、摇臂轴）组成	根据发动机的做功顺序和各缸工作循环的要求，定时开启和关闭进、排气门，使可燃混合气及时进入气缸，并排除废气
燃料供给系统	大多采用电控燃油喷射系统，由燃油箱、汽油泵、汽油滤清器、空气滤清器、进气歧管、排气歧管、传感器、喷油器和电控单元等主要机件组成	其作用是把汽油和空气混合成比例合适的可燃混合气送入气缸，并使燃烧后生成的废气排出缸体。电子控制燃油喷射装置的广泛应用，提高了发动机的动力性和燃油经济性，且环保性能得到了充分改善
润滑系统	一般由机油泵、集滤器、限压阀、润滑油道、机油滤清器、机油冷却器等组成	其作用是将润滑油送到相对运动零件的摩擦表面，减轻机件磨损，还有冷却、清洗零件表面及密封、减振和防锈的功能
冷却系统	冷却系统通常由水泵、散热器、风扇、循环水套、水管、节温器和冷却液温度表等主要机件组成	其作用是利用冷却水或空气使发动机受热机件冷却，把机件多余的热量散发出去，以保持发动机正常的工作温度
点火系统	主要由蓄电池、发电机、分电器、点火线圈、火花塞和点火开关等组成	其作用是将蓄电池或发动机的低压电变成高压电，并按发动机的工作顺序，依次击穿缸内火花塞间隙，产生电火花，点燃可燃混合气
起动系统	由蓄电池、起动机和起动控制开关（点火开关）等组成	起动系统的作用是通过电力驱动曲轴旋转，使发动机从静止状态进入正常工作状态

二、发动机常用术语

1. 上止点与下止点

上止点是指活塞运动到离曲轴回转中心最远的点，通常指活塞上行到最高位置（接近气缸顶端），这个位置简称 TDC。下止点是指活塞离曲轴回转中心最近处，通常指活塞下行到最低位置，这个位置简称 BDC。

上止点、下止点与活塞行程的相互关系如图 2-2 所示。

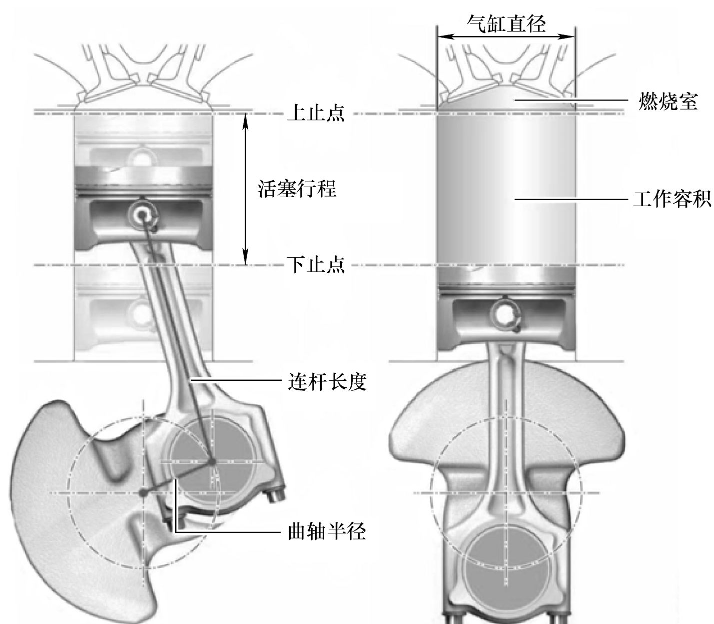


图 2-2　上止点、下止点与活塞行程

2. 活塞行程

活塞行程是指活塞在气缸中运行时，下止点到上止点之间的距离，用 S 表示。

3. 活塞冲程

活塞冲程是指活塞运行时由一个止点到另一个止点的运动过程。一个活塞冲程的曲轴转动半圈（180°），完整的四冲程（进气、压缩、做功、排气）则需要曲轴转动 2 圈（720°）。

4. 曲柄半径

曲柄半径是指曲轴上的主轴颈中心线到连杆轴颈中心线的垂直距离，用字母 R（单位：mm）表示。当气缸轴线通过曲轴的回转中心时，$S=2R$，即活塞行程是曲柄半径的两倍。

5. 气缸工作容积

气缸工作容积是指活塞在从一个止点运动到另一个止点（上止点和下止点）间所扫过的圆柱筒状容积，即活塞面积（取决于缸径 D）与行程的乘积，一般用 V_h（单位：L）表示。

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} S$$

6. 发动机排量

发动机排量 V_L 是发动机的一个重要参数，它是指发动机各缸工作容积之和，即单缸工作排量和缸数的乘积。设发动机共有 i 个气缸，则 $V_L = V_h i$。

由公式可知，发动机的缸数越多，缸径（D）和行程（S）越大，发动机的排量就越大。在同等条件下，排量越大的轿车，功率越大，起步转矩越大，加速性能越好。而排量低的车辆其动力性能相对较弱，起步时动力不足，但比较经济节油。

7. 燃烧室容积

燃烧室容积是指活塞在上止点时，活塞上方由活塞顶和气缸盖构成的空间，用 V_c 表示。

8. 气缸总容积

活塞在下止点时，活塞上方的容积称为气缸总容积（V_a），它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_h + V_c$$

9. 压缩比

压缩比是指进入气缸的可燃混合气或纯空气被活塞压缩的比率，即气缸总容积（$V_1 + V_2$）与燃烧室容积（V_1）的比值，如图 2-3 所示。汽油机的压缩比通常在 8 ~ 11 之间，例如本田飞度 L13Z1 发动机（1. 3L）的压缩比为 10. 5。

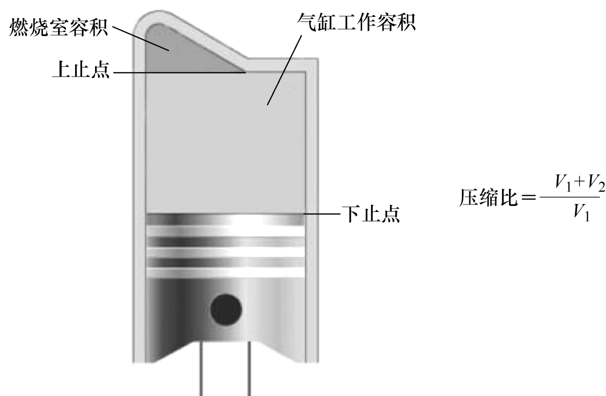


图 2-3　压缩比的形成

压缩比与发动机性能有很大关系，它代表了活塞由下止点运动到上止点时，气缸内气体被压缩的程度。一般来说，压缩比越高的发动机，可燃性混合气被压缩的体积越小，动力性越足、油耗也越小。但压缩比设计得过高容易导致混合气自燃，引起发动机爆燃，发动机工作时抖振会明显增大。



特别提示

高压缩比的发动机应选用标号高的汽油，以增强其抗爆性，减少发动机机械部件的损坏。

10. 发动机工作循环

在气缸内进行的每一次将燃料燃烧的热能转化为机械能的一系列连续过程（进气、压缩、做功和排气）称为发动机的工作循环。

11. 配气相位

用曲轴转角表示的进、排气门实际开闭时刻和开启持续时间，称为配气相位。配气相位的各个角度可用配气相位图来表示，如图 2-4 所示。

为了使发动机进气充分、排气彻底，可以改装发动机的换气过程，提高发动机动力性能，实际上发动机的气门开启和关闭并不恰好在上、下止点，而是适当地提前开启和迟后关闭，以延长进、排气时间。结果，进、排气门开启行程都大于 180°曲轴转角。

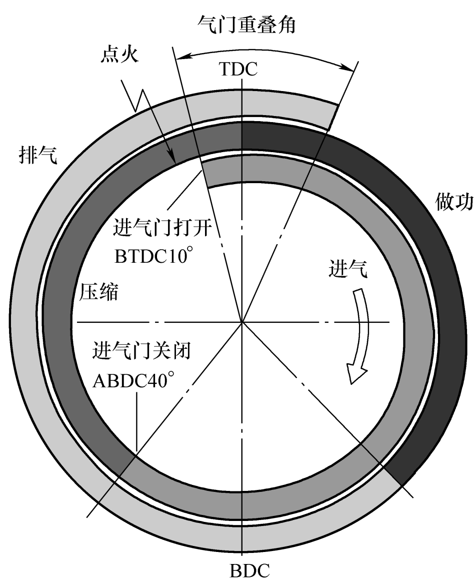


图 2-4　汽油发动机配气相位

为了直观明了，我们常用 TDC 或 BDC 前/后多少度来表示曲轴转角，即活塞到达止点前/后的曲轴角度。进气门提前多少度转角开启，我们就称之为上止点前（BTDC）多少度开启；进气门迟后关闭，我们就称之为下止点后（ABDC）多少度关闭。



你学会了吗?

1. 汽油发动机通常由________和________组成。
2. 发动机的常用术语有哪些? 它们之间有什么联系?
3. 什么叫配气相位? 气门适当地提前开启和迟后关闭有什么作用?
4. 简述发动机的基本结构和各部分的组成、作用。

第 3 天

发动机的工作原理

学习目标

1. 了解汽油发动机的工作原理。
2. 了解发动机的四个冲程是如何运作的。
3. 掌握四冲程汽油机的工作特点。

基础知识

一、汽油发动机的工作原理

汽油发动机通过引燃汽油与空气的混合气产生热能。燃烧在一个封闭的圆柱形空间（燃烧室）内进行，该燃烧室可通过活塞移动改变容积。热能在燃烧室内产生高压，从而向边界面（燃烧室壁、燃烧室顶和活塞）施加作用力，该作用力促使活塞进行运动。

四冲程汽油发动机的基本结构如图 3-1 所示，主要部件有气缸、进气门、排气门、活塞、燃烧室、连杆、曲轴和火花塞。

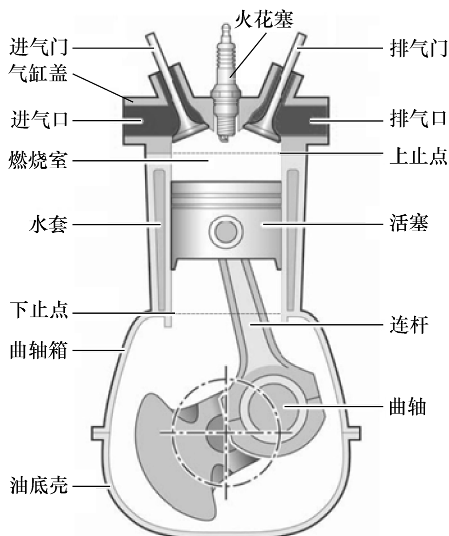


图 3-1　四冲程汽油机的基本结构

汽油发动机运转时，曲轴通过正时带或正时链条带动凸轮轴转动，进气门和排气门随凸轮轴的转动而开启和关闭。曲轴每转动 2 圈，凸轮轴就转动 1 圈，各气门开启和关闭 1 次。进气行程时，把可燃混合气引入气缸，然后将进入气缸的可燃混合气压缩，压缩接近终点时火花塞跳火，点燃可燃混合气，通过燃烧产生动能，驱动发动机气缸内的活塞做往复的运动，由此带动连接在活塞上的连杆和与连杆相连的曲柄，围绕曲轴中心做往复的圆周

运动，从而输出动力。

在传统汽油发动机中，汽油和空气的混合气在燃烧室外部混合，随后进入燃烧室内。而在现代直喷汽油发动机中，直接在燃烧室内形成汽油空气混合气。

汽油发动机采用火花点火方式，即混合气通过电火花塞点燃。

二、四冲程发动机工作循环

发动机的作用就是将燃料燃烧产生的热能转换为机械能，从而输出动力。其能量的转换是通过不断地依次反复进行进气→压缩→做功→排气四个连续过程来实现的，这四个行程（表 3-1）构成了一个工作循环。

表 3-1　四冲程工作原理

行程	示意图	工作原理
进气行程		**第 1 行程** 活塞朝曲轴方向运动，进气门打开，排气门关闭。活塞向下运行时，气缸内容积逐渐增大，形成一定真空度。经过滤清的空气与汽油混合成可燃混合气，通过进气门被吸入气缸。活塞到达下止点时，进气门关闭，进气行程结束
压缩行程		**第 2 行程** 进、排气门均关闭，活塞在曲轴带动下，从下止点向上止点运动。因为这时容积减小，混合气的压力升高。压缩所需要的功提高了混合气的内能，温度升高。 快要到达上止点时，火花塞产生电火花点燃可燃混合气，并迅速燃烧，使气体的温度、压力迅速升高而膨胀，因此作用在活塞上的很大的力驱动活塞重新向曲轴方向运动（过渡到第 3 行程）
做功行程		**第 3 行程** 随着混合气在缸内的燃烧，气体随着温度、压力迅速升高而膨胀，推动活塞从上止点向下止点运动，再通过连杆驱动曲轴对外做功，活塞到达下止点时做功行程结束。 在做功行程的开始阶段，气缸内气体压力、温度急剧上升。随着活塞下移，压力、温度下降

（续）

行程	示意图	工作原理
排气行程		**第 4 行程** 做功行程终了时，排气门打开，曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动。废气在自身压力和活塞推动作用下，经排气门被排出气缸。 排气行程终了时，由于燃烧室占有一定容积，气缸内还存有少量残余废气，气体压力也因排气门和排气管的阻力而仍高于大气压力。 在第 4 行程结束时排气门关闭，进气门打开。开始一个新的四冲程循环

三、四冲程汽油发动机的工作特点

通过上述四冲程汽油机工作循环的分析可知，四冲程汽油机具有以下工作特点：

1）每个工作循环中曲轴旋转两周（720°），活塞上下往复运行四个单程，进、排气门各开启一次。

2）四个行程中，只有做功行程是有效行程，其余都是辅助行程，靠消耗飞轮储备的能量来完成。

3）可燃混合气是利用电火花点燃的，发动机由点火系统实现点火。

4）发动机要起动必须有外力将曲轴转动，这是由起动机来完成的。

四、多缸发动机的工作原理

上面介绍的是单缸汽油发动机的工作过程，而汽车发动机都是采用多缸四行程发动机。就能量转换过程而言，发动机的每一个气缸和单缸发动机的工作过程是完全一样的，都要经过进气、压缩、做功和排气四个行程。但是单缸发动机的四个行程中只有一个行程做功，其余三个行程均不做功，即曲轴每旋转两圈（720°），只有半圈（180°）做功，所以运转平稳性较差。且单缸发动机的功率越大，平稳性就越差。

为了使发动机运转平稳，单缸发动机一般都装有一个大飞轮。而多缸发动机的做功行程是按照工作顺序错开的，即曲轴转两圈时，各缸交替做功。如：四缸发动机的做功顺序见表 3-2，各缸做功间隙为 180°。因此，发动机运转平稳、振动小。缸数越多，做功间隔角越小，同时参与做功的气缸越多，发动机运转就越平稳。多缸发动机使用最多的有四缸、六缸和八缸发动机。随着国家节能减排法规和一些鼓励措施的出台，小排量发动机越来越受到重视，不少车型包括宝马、奥迪都开始在中低端车型上使用 3 缸涡轮增压发动机。

表 3-2　四缸发动机的做功顺序（1－3－4－2）

缸数 / 曲轴转角	1 缸	2 缸	3 缸	4 缸
0～180°	做功	排气	压缩	进气
180°～360°	排气	进气	做功	压缩
360°～540°	进气	压缩	排气	做功
540°～720°	压缩	做功	进气	排气



特别提示

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，每个工作循环也要经历进气、压缩、做功、排气四个行程。但由于柴油机用的燃料是柴油，其黏度大，蒸发性差，而自燃温度却比汽油低。因此，柴油机在可燃混合气的形成及着火方式等方面与汽油机有较大的区别。

汽油机用电火花点燃可燃混合气，而柴油机是用高压将柴油喷入气缸内，利用压缩后的高温空气加热，自行着火燃烧。因此，汽油机具有一个专门的点火系统，而柴油机则没有。



你学会了吗?

1. 汽油发动机的工作原理是怎样的?
2. 发动机的四个行程是指________、________、________和________。
3. 四冲程汽油发动机的工作特点有哪些?
4. 四缸发动机的做功顺序是怎样的?
5. 汽油发动机和柴油发动机最显著的区别是什么?

第 4 天

发动机悬置系统和发动机的吊装

学习目标

1. 了解发动机悬置系统的组成与特点。
2. 学习发动机的吊卸方法。

基础知识

发动机悬置系统用来支撑动力总成（发动机 + 变速器）的重量，抑制由内部反作用力及外力造成的对动力装置的动态位移，防止来自发动机等处的起振力向车身传递振动，是一种缓冲系统。

如图 4-1 所示，动力总成依靠三点悬置固定在车身和副车架上，左悬置、右悬置通常为压缩式橡胶悬置，固定在车身上。副车架上的后悬置采用了扭杆式发动机支座（摆动支承），通过降低发动机旋转方向的振动，提高了舒适性。

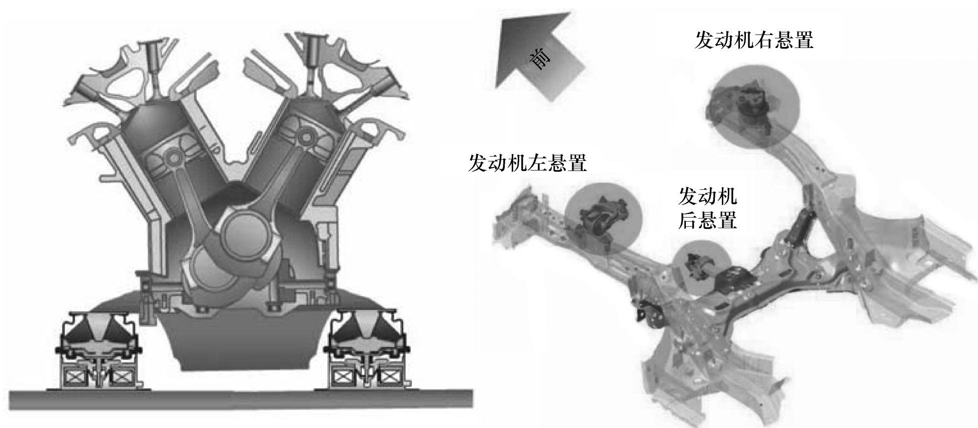


图 4-1　三点式发动机悬置系统

动力总成悬置对于车辆的噪声和振动舒适性具有决定性影响。2013 款奥迪 Q3 轿车 2.0TFSI 发动机的悬置系统如图 4-2 所示，由于奥迪 Q3 轿车的底盘需要满足运动式动态运行特点，因此就使用了液压式的动力总成悬置。

此横置发动机使用的是普通的抗扭悬置，也称摆动（自动调心式）悬置。这种悬置的基本原理就是将牵引功能和转矩支承功能分开了。悬置内的液压减振机构大大降低了动力总成的低频运动，因此提高了车辆的振动舒适性。发动机所产生的转矩由摆动支承吸收，这个摆动支承是一个弹性支座，该支座直接连在变速器上并通过副车架与车身相连。

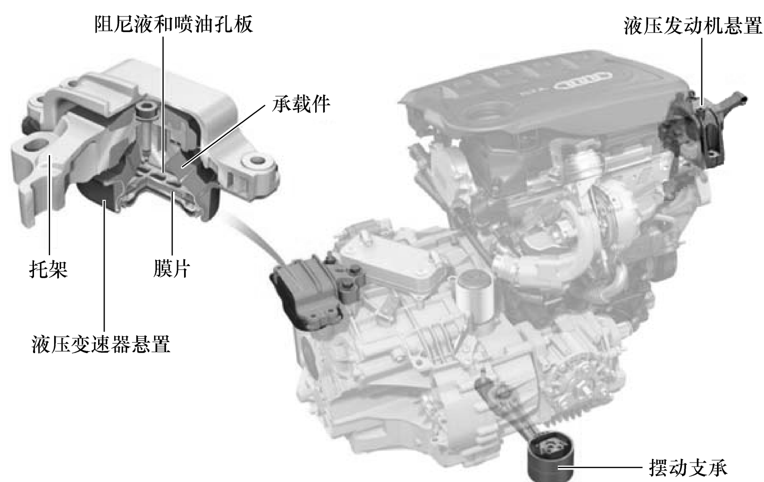


图 4-2　奥迪 Q3 轿车发动机悬置系统



实际操作

发动机的吊卸

发动机大修时，需要断开发动机总成与汽车上各部件的连接关系（包括松开发动机悬置），再从发动机室中吊卸下来。下面以广汽菲亚特菲翔为例，说明发动机动力总成是如何从车上拆卸下来的。

菲亚特菲翔 1.4T 手动变速器车型的动力单元支架如图 4-3 所示。动力单元支架位于动力单元与车体之间，起到结构性连接作用。动力单元支架用于承受动力单元自重，以及由发动机转矩传递所产生的负荷。重心式支架包含如下部分：

① 一个正时侧液压支架。

② 一个变速器侧橡胶金属支架。

③ 一个差速器侧底部反作用杆。

支架沿着通过发动机重力中心的中轴线进行排列，以获取零点偏移下的反作用力。

此车带手动变速器动力单元的拆卸方法如下：

1）将汽车放在升降机上。

2）拆卸前轮。

3）拆卸发动机底部护板和前部下方护板。

4）放出手动变速器润滑油。

5）回收空调系统制冷剂。

6）排尽发动机冷却液。

7）拆下蓄电池和蓄电池支架/托盘。

8）拆下发动机冷却液罐。

9）拆卸隔音罩。

10）拆卸前保险杠。

11）拆下左、右前照灯。

12）拆卸空气滤清器冷气进气口、进气软管。

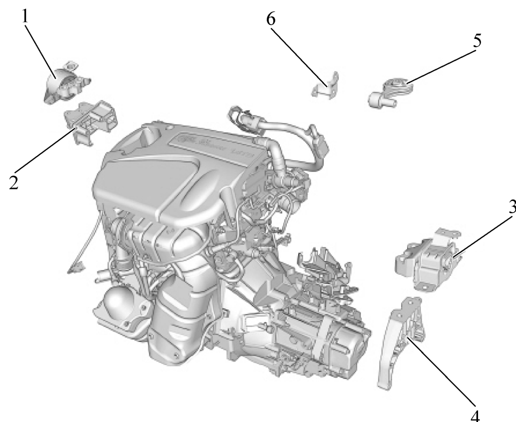


图 4-3　菲翔 1.4T 发动机动力单元支架

1—正时侧弹性支架　2—正时侧刚性支架
3—变速器侧弹性支架　4—变速器侧刚性支架
5—差速器侧反作用杆　6—差速器侧反作用杆固定支架

13）拆卸底部发动机组件。

14）拆卸发动机舱盖锁和前端总成。

15）拆卸发动机底部的左、右固定支柱（负荷线）。

16）断开带万向节的右驱动轴和中间轴。

17）按如下方法拆下变速器底部反作用杆：

① 旋开固定底部反作用杆至悬架横梁的螺钉 1，如图 4-4 所示。

② 旋开固定底部反作用杆至变速器支架的螺栓 2。

③ 拆卸底部反作用杆 3。

18）按如下方法拆下变速器底部反作用杆支架：

① 旋开固定底部反作用杆至变速器支架的螺栓 1，如图 4-5 所示。

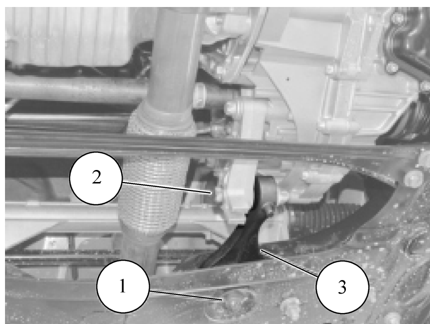


图 4-4　拆卸变速器底部反作用杆

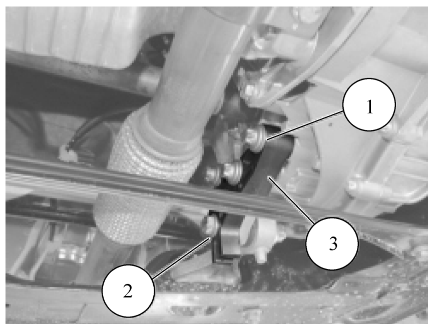


图 4-5　拆卸反作用杆支架

② 旋开用于固定底部反作用杆的变速器支架螺钉 2。

③ 拆卸用于固定反作用杆的变速器支架 3。

19）断开涡轮增压系统的进、排气管。

20）拧松将转向拉杆固定到轮支柱的螺母 1，如图 4-6 所示。

21）使用提取器（1a），将转向拉杆（1b）从车轮支柱断开，如图 4-7 所示。

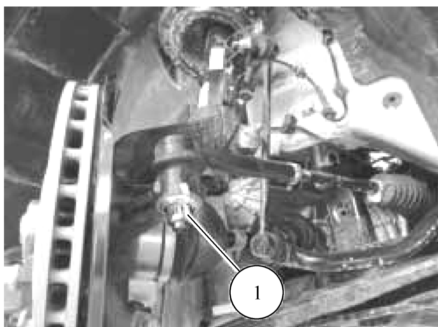


图 4-6　松开转向拉杆球头螺母

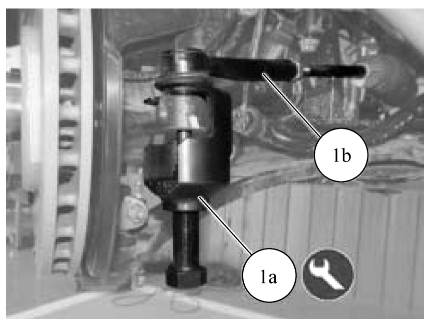


图 4-7　断开转向拉杆

22）拧松固定横臂式前悬架到车轮支柱的螺栓 1，如图 4-8 所示。

23）使用适当工具，从差速器拆除左驱动轴 1，并将它从侧面连接，如图 4-9 所示。

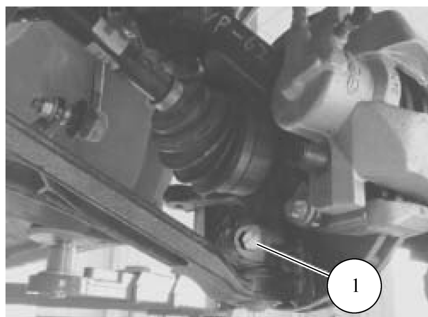


图 4-8　松开车轮支柱螺母

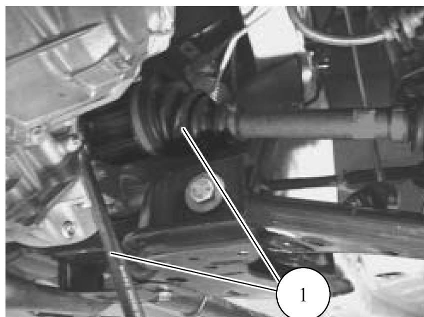


图 4-9　断开左驱动轴

24）拧松制动/离合器储液罐塞并安装工具 1（顶盖），如图 4-10 所示。

25）松开夹箍并从进气室断开制动器伺服机构真空管 1，如图 4-11 所示。

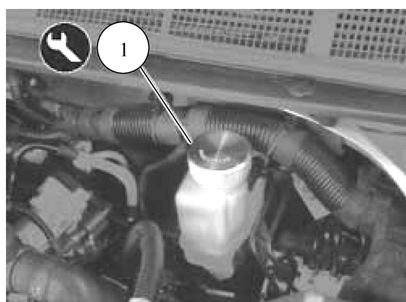


图 4-10　在储液罐上安装顶盖

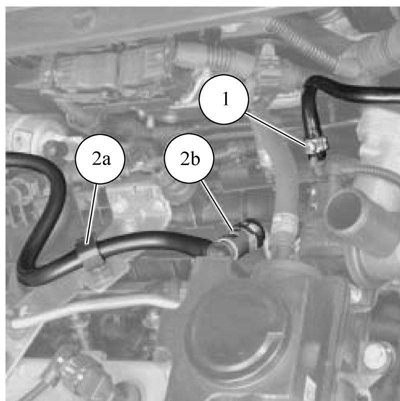


图 4-11　断开真空管和回油管

26）打开夹子（2a）并从压力调节器侧断开回油管到油箱（2b）的快速插接器。

27）打开夹子（1a）并从燃油歧管侧断开输油管（1b）的快速插接器，如图 4-12 所示。

28）断开燃油蒸气管快速接头 2（进气室侧）。

29）断开齿轮啮合/选档器电缆 1，如图 4-13 所示。

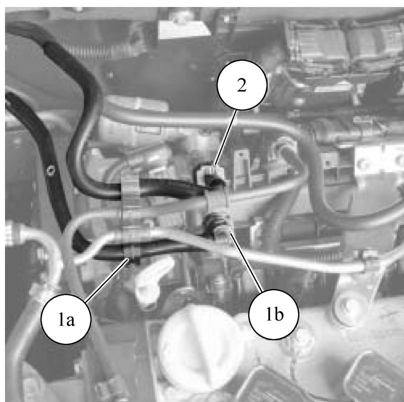


图 4-12　断开输油管

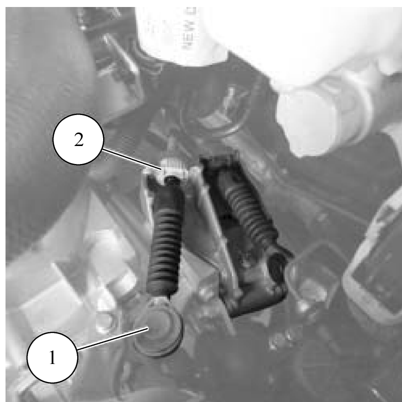


图 4-13　断开换档/选档拉索

30）打开夹子 2 并从反作用支架松开选档器和啮合电缆。

31）断开冷却液供水管和回水管的快速插接器 1（加热器侧），如图 4-14 所示。

32）断开倒车灯开关的电气插接器 1，如图 4-15 所示。

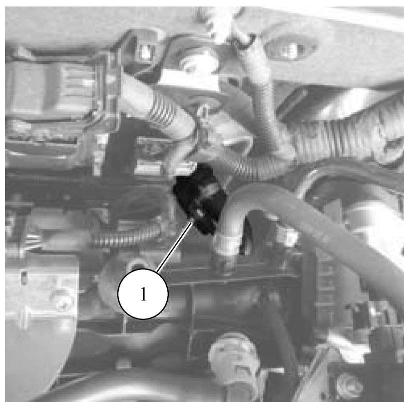


图 4-14　断开冷却液水管的插接器

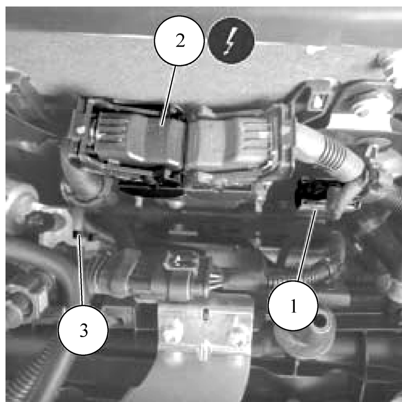


图 4-15　断开发动机控制单元

33）断开发动机管理系统控制单元的电气连接 2。

34）拧松螺钉 3 并断开压缩机管的插接器 3。

35）拧松螺栓（1a）并在发电机侧将管从管支架（1b）上拆除，如图 4-16 所示。

36）断开倒车灯开关的电气插接器 1，如图 4-17 所示。

37）拧松螺母 2 并断开蓄电池接地线。

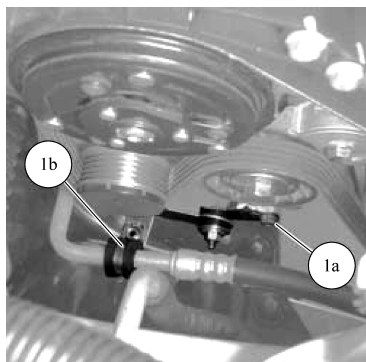


图 4-16　拆除管

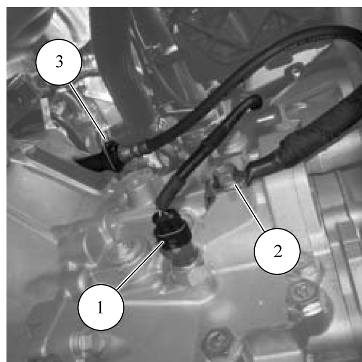


图 4-17　断开倒车灯开关的插接器

38）向后移动夹子 3，并从离合器释放同轴执行器断开软管。

39）安装动力装置提升支架 1，如图 4-18 所示。

40）在排气歧管侧安装一个适当的动力装置提升支架。

41）使用液压启闭机和连接到安装支架的工具 1 支承动力装置，如图 4-19 所示。

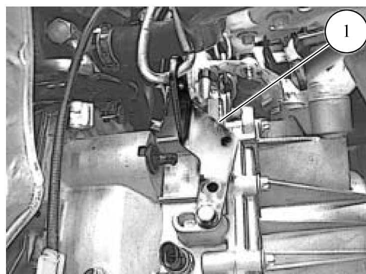


图 4-18　安装动力装置提升支架

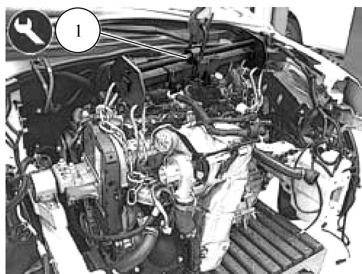


图 4-19　安装发动机吊具

42）拧松将活动支架（1b）固定到变速器侧刚性动力装置支架的螺钉（1a），拆卸变速器侧支架，如图 4-20 所示。

43）拧松将活动支架固定到正时侧刚性动力装置支架的螺钉 1，拆卸正时侧支架，如图 4-21 所示。

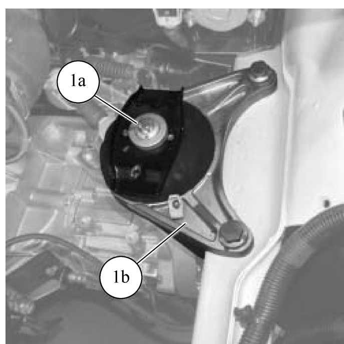


图 4-20　拆卸变速器侧支架



图 4-21　拆卸正时侧支架

44）从发动机室拆除发动机动力总成并将之定位在平台上。



你学会了吗?

1. 发动机悬置系统的作用是什么? 动力总成是怎样安置在车辆上的?
2. 发动机是怎样从发动机室吊卸出来的?

第 5 天

进 气 系 统

学习目标

1. 了解发动机进气系统的作用与组成。
2. 学会清洁及更换发动机的空气滤清器。
3. 掌握节气门体的检修方法。
4. 掌握节气门体的清洗和设定方法。

基础知识

一、发动机进气系统的作用与组成

发动机工作需要吸入充足的新鲜空气，以和燃油按一定比例混合进行燃烧。进气系统的作用是向发动机提供其所需要容量的清洁空气。

如图 5-1 所示，进气系统布置在发动机室中，由进气总管、谐振腔、空气滤清器、节气门体、进气歧管等组成。



图 5-1　发动机进气系统

二、空气滤清器与进气歧管

如图 5-2 所示，空气滤清器是一个空气过滤装置，内部装有一个纸质空气滤芯。在外部空气进入发动机时，滤芯可除去空气中的灰尘和其他对发动机有害的颗粒。当滤芯堵塞时，会使发动机冒黑烟、无力和油耗增加。空气滤清器滤芯必须定期地清洗或更换，以保持空气滤清器良好的畅通性，减少活塞和气缸的磨损，延长发动机的使用寿命。在多尘环境中更应经常清洗或更换。

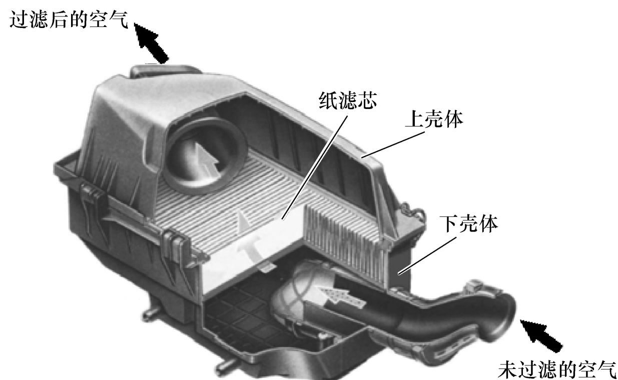


图 5-2　空气滤清器

进气歧管是指节气门体后至气缸进气道（气缸盖处）的进气通路，其作用是将混合气或空气分配到各缸。进气歧管由合金铸铁、铝合金、工程塑料制成，形状多种多样。

三、节气门

发动机的节气门上接空气滤清器，下接进气歧管，被称为是汽车发动机的“咽喉”。这是因为汽油发动机是通过改变进气量来改变输出功率的，当节气门开度增大时，进入发动机气缸的空气增多，发动机控制单元计算出来的喷油量也就增大，使发动机输出更多的动力。

节气门分为传统拉索式节气门和电子节气门两种。如图 5-3 所示，传统发动机的节气门是通过拉索（软钢丝）或者拉杆，一端连接加速踏板，另一端连接节气门连动板，使节气门阀片打开或关闭的。这种节气门的结构简单，加速踏板响应迅速。

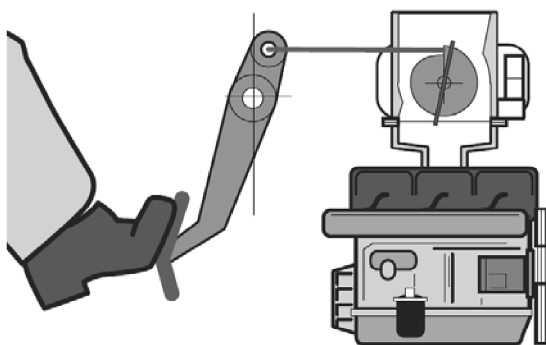


图 5-3　拉索式节气门

电子节气门的结构如图 5-4 所示。在电子节气门系统中，加速踏板不再通过拉索操纵节气门，加速踏板和节气门间不存在机械连接，而是通过与加速踏板相连的两个加速踏板位置传感器将加速踏板位置通知发动机控制单元。

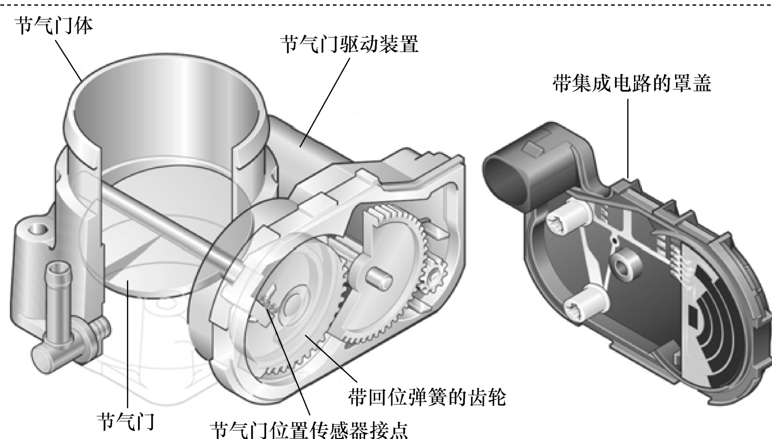


图 5-4　电子节气门的结构

加速踏板位置（根据驾驶人的意愿变化）是发动机控制单元的主要输入端参数。节气门的操纵由节气门控制单元中的电动机（节气门调节器）控制，节气门调节器根据发动机控制单元的指令操纵节气门。

1）发动机静止且点火开关接通时，发动机控制单元根据加速踏板位置传感器的指令控制节气门调节器。这就是说，当加速踏板被踩下到一半时，节气门调节器以相同的程度打开节气门，节气门被打开到约一半。

2）发动机运转时（大负荷下），发动机控制单元可独立于加速踏板位置传感器打开或关闭节气门。这样，即使加速踏板才踩到一半，节气门可能已经完全打开。其优点是避免了节气门上节气作用的损失，使发动机输出更高的动力。



实际操作

一、空气滤清器的清洁与更换

空气滤清器的滤芯使用一段时间后，其表面可能布满了灰尘、碎屑和枯树叶而发黑脏污，如图 5-5 所示。当空气滤清器的滤芯堵塞时，会使发动机冒黑烟、无力和油耗增加。因此，应当定期清洁和更换空气滤芯，保持空气滤清器良好的畅通性。

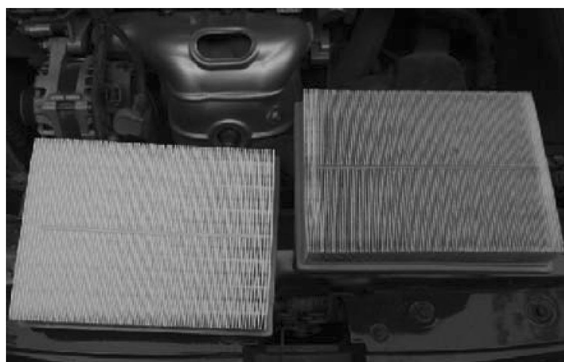


图 5-5　新旧空气滤芯对比

空气滤清器的拆卸、清洗及更换方法如下：

1）松开空气滤清器壳上的卡扣或拆卸空气滤清器壳体固定螺栓。

2）打开塑料壳体，就能看到里面的空气滤清器。

3）拆卸空气滤清器盖，取下空气滤清器滤芯。

4）如图 5-6 所示，将滤芯从空气滤清器中取出。用压缩空气从里向外吹，将尘土除掉，同时将空气滤清器壳内的灰尘清除掉。无压缩空气时，可用滤芯拍打地面震出灰尘，然后用湿布清洁空气滤清器壳。

如需更换，则将新的空气滤芯安装到滤清器壳中，然后扣好边缘的卡箍。



图 5-6　取出空气滤芯

二、进气歧管的拆卸与安装

大众宝来 2. 0L 四缸汽油发动机节气门体和进气歧管的拆装方法如下：

1）首先拆下发动机装饰罩。

2）拆下节气门控制单元 J338 和空气滤清器之间的进气软管。

3）将进气管上至制动助力器的真空软管（图 5-7 中的箭头所示）拔下。

4）将机油尺连同机油尺导向套管一起从进气歧管上拔下。

5）将燃油分配器的螺钉 1 拧出，并将燃油分配器沿图 5-8 所示箭头方向拔出。

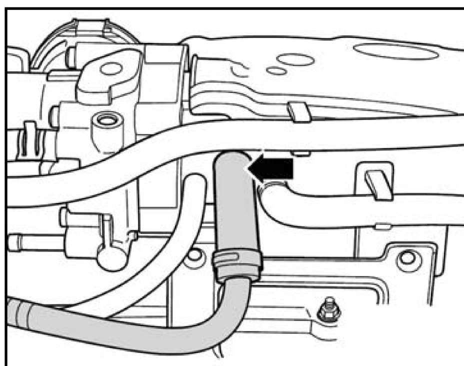


图 5-7　断开真空软管

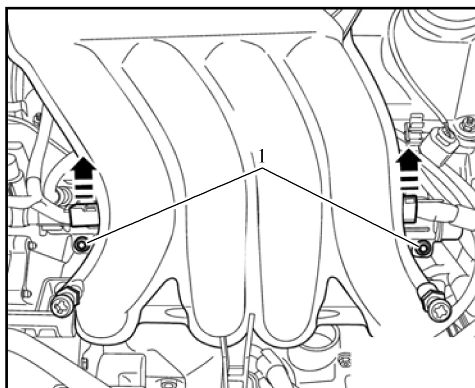


图 5-8　拆卸燃油分配器

提示：燃油管路在燃油分配器上可以保持连接，因而可不用断开燃油管路。

6）如图 5-9 所示，将炭罐电磁阀的电气插接器 1 脱开。

7）松开卡箍（箭头），断开炭罐清洗软管。

8）脱开进气歧管上的冷却液软管。

9）如图 5-10 所示，脱开节气门控制单元插头 1，拔下软管（箭头）。

10）旋出螺栓 2，取下节气门控制单元 J338。

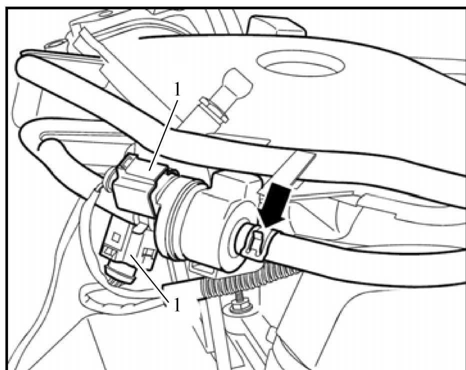


图 5-9　断开炭罐清洗软管

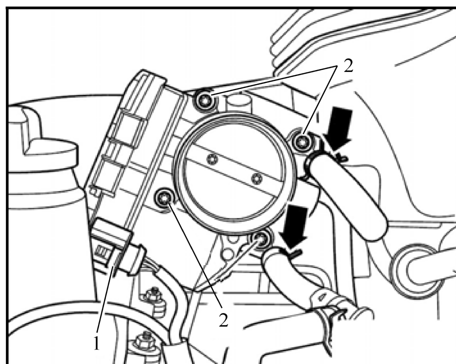


图 5-10　取下节气门控制单元

11）用芯棒锁住发动机辅助传动带张紧器，如图 5-11 所示。

12）旋出螺栓 1 和螺钉 2，取下支架 3，如图 5-12 所示。

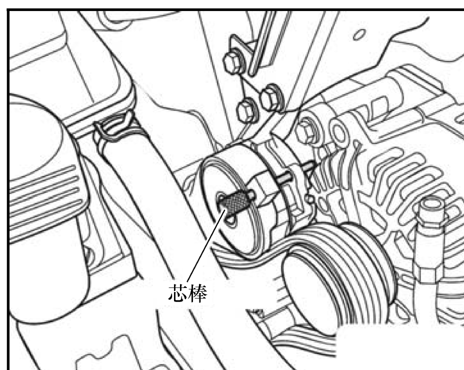


图 5-11　用芯棒锁住张紧器

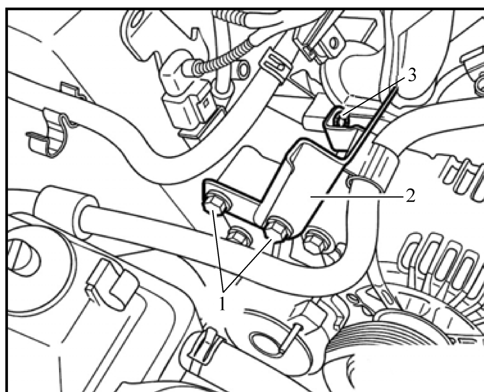


图 5-12　取下支架

13）旋出进气歧管的连接螺栓（箭头 A）和螺母（箭头 B），如图 5-13 所示。

14）向前取下进气歧管。

15）按相反顺序进行安装，同时注意下列事项：

① 更换进气歧管和气缸盖之间的密封环。

② 更换喷油阀和进气歧管之间的密封环，并用干净的机油略微浸润。

③ 将燃油分配器与喷油阀插到进气歧管上并均匀压入。

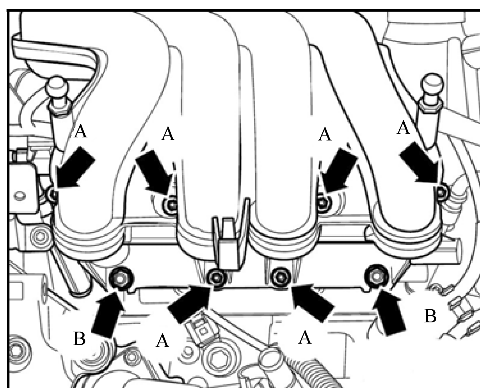


图 5-13　拆下进气歧管

三、机械式节气门体的检修

1. 机械式节气门体常规检查

① 检查加速踏板拉索钢丝与节气门体旋架的配合松紧是否正常；拉索与节气门体旋架槽的对中性。

② 检查节气门体位置传感器和步进电动机线束插接件安装是否牢固，可重新插接线束。

③ 检查节气门扭簧是否卡死或脱出限位，检查节气门体阀片怠速回位是否正常，怠速螺钉与限位片是否完全接触。

④ 检查节气门体怠速螺钉是否被调整；检查节气门体怠速流量是否过高或过低，可调整怠速螺钉。

2. 机械式节气门体内部结构检查

① 拆除空气滤清器出气管和加速踏板拉索后检查节气门体积炭情况，用手轻旋节气门体旋架，检查节气门体开启过程中是否存在卡滞，根据节气门具体情况判断是否需要清洗节气门体。

② 检查节气门体的转动灵活性。如图5-14所示，用手缓慢旋转节气门体旋架，检查节气门体旋转力矩是否均匀平稳，节气门体是否能够平稳回到怠速位置，判断节气门体是否存在卡滞或不回位现象。

③ 起动发动机，在空档时用手旋转节气门体，检查节气门体是否能平稳回到怠速位置，同时检查转速表变化及怠速位置信号是否平稳正常。

旋转节气门体旋架，将旋架旋转到全开位置，再慢慢地释放旋架，节气门体应能平稳回到初始位置。

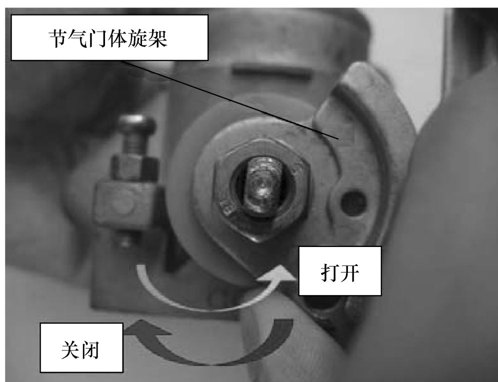


图 5-14　检查节气门体的转动灵活性

3. 节气门位置传感器检测

① 停机状态下用万用表连接节气门体位置传感器，用手匀速旋转节气门体旋架，检查万用表电阻值或电压值是否均匀变化，从而判断节气门体位置传感器是否失效。

② 用故障诊断仪检查发动机怠速工况各种参数，分析步进电动机是否失效。

四、节气门体的清洗

电喷发动机运行时，可燃气体在气缸内燃烧后产生的废气，会有一小部分通过进气门、进气管道在节气门体处生成积炭。发动机熄火后，进气管中的机油蒸气会冷凝成液体，积存在节气门体中。另外，空气在经过空气滤清器，尤其是使用时间较长的空气滤清器后，未被过滤干净的杂质会残留在节气门体中。这些杂质时间久了就会在节气门体

处形成积垢，造成节气门体脏污，开关阻力增大，发动机怠速不稳等故障。因此，拆装、清洗节气门体是现代汽车维修中的一个基本操作项目。

长安之星发动机节气门体的清洗工艺见表 5-1。

表 5-1　节气门体的清洗工艺

步骤	操作方法	图示
1	选择清洗剂。清洗剂用于清洗节气门体主通道、阀片、旁通道和怠速步进电动机。清洗剂不得含有强腐蚀性物质，推荐使用化油器清洗剂	
2	将节气门体总成从发动机上拆卸下来	
3	将节气门体步进电动机从节气门体总成上拆卸下来，请注意保管并单独清洗步进电动机上的密封圈。除节气门体步进电动机安装螺钉外，不要拆卸其余螺钉	
4	先将清洗剂均匀适量地喷涂在节气门体主通道、节气门体阀片两面、节气门体轴和节气门体旁通道处，浸泡一下。然后打开节气门阀片，用清洗剂将溶解后的积炭等其他杂质冲洗掉，再用棉布浸湿清洁剂将节气门体安装面、主通道、节气门片、节气门体轴以及旁通道孔擦拭干净	①清洗主通道　②清洗旁通道　③清洗节气门体阀片　④用棉布擦拭干净

（续）

步骤	操作方法	图示
5	检查步进电动机表面积炭，将步进电动机空气调节头向下，用清洗剂适量均匀地喷涂在步进电动机密封带、步进电动机表面、步进电动机空气调节头、步进电动机安装孔和安装表面（注意不要将清洗剂喷入到步进电动机上部的线圈部分），然后用棉布将电动机头以及伸出部位擦拭干净	
6	将步进电动机按照拆解时的方向装配在节气门体总成，注意不要遗失步进电动机密封圈，并用1.8～3.0N·m的力矩紧固步进电动机的两个安装螺钉	
7	将清洗干净的节气门体总成装回整车，起动检查怠速、加速等工况运行情况	

五、节气门的设定

更换或清理节气门体后必须对节气门进行设定，执行怠速学习程序，发动机ECM/PCM才可以学习发动机怠速特性。如本田发动机节气门的设定方法如下：

1）将HDS连接到位于驾驶人侧仪表板下的数据插接器（DLC）上。

2）将点火开关转至ON（II）位置。

3）使用HDS重新设定ECM/PCM。

4）使用HDS检查菜单中的ETCS TEST（ETCS测试）。

5）选择TP POSITION CHECK（TP位置检查）并清除节气门位置（TP）读入值。

6）将点火开关转至LOCK（0）位置。

7）确保所有电气部件（空调、音响、车灯等）处于关闭状态。

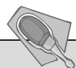
8）将点火开关转至ON（II）位置，并等待2s。

9）起动发动机。无负载（AT在P或N位置，MT在空档位置）时，将发动机转速保持为3000r/min，直至散热器风扇运转，或直至发动机冷却液温度达到90℃。

10）在节气门完全关闭的情况下使发动机怠速运转约5min。

注意：如果散热器风扇运转，不要将其运转时间计入此5min内。

11）查看HDS数据表确认怠速学习程序已完成。



维修案例

桑塔纳电喷发动机怠速游车

故障现象：一辆桑塔纳2000GSi（时代超人）轿车，因怠速游车进修理厂检修。

故障诊断：首先用故障诊断仪读取怠速工况下的数据：

① 转速在 800 ~ 1000r/min 波动。

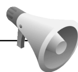
② 节气门开度在 6° ~ 8°之间不断变化（标准为 2° ~ 5°）。

③ 空气流量在 3 ~ 5g/s 之间不断变化（标准为 2 ~ 5g/s）。

④ 喷油时间在 2 ~ 3ms 之间不断变化（标准为 2 ~ 2.5ms）。

4 组数据是相关的，它们的同步变化是正常的。但数据在不断变化，说明怠速下的进气量在不断地调节。节气门开度过大，说明进气受阻，节气门过脏或空气滤清器过脏。节气门开度频繁变化，说明怠速电动机在不断地进行工作调节。

故障排除：通过数据流及故障现象的分析，说明故障是节气门体过脏所致。于是拆下节气门体，发现油泥过厚，在节气门翻板边缘处有一道 2 ~ 3mm 厚的脏物。彻底清洗后，游车现象消失，但转速升高至 1000r/min 以上，居高不下，经重新设定后，故障彻底排除。



特别提示

① 清洗过程中节气门体不要掉地；不要让节气门体受到冲击力。

② 在没有装上拉索系统前（不是装车后，通过踩加速踏板转动节气门体的情况下），打开节气门旋架在任何开度时，禁止突然释放节气门旋架。这样操作容易损坏节气门体或引发低怠速风险。

③ 部分电控发动机，在更换或清洗完节气门体后要进行节气门体与电控单元的重新匹配，让电控单元了解节气门的基本特性、基本参数，在以后的运行过程中，控制单元才能自动调整它与节气门的动作，达到同步运转。



你学会了吗?

1. 发动机进气系统的作用是什么，由哪些部分组成?
2. 进气系统的________可除去空气中的灰尘和其他对发动机有害的颗粒。
3. 进气系统的________被称为汽车发动机的“咽喉”。
4. 怎样清洁及更换发动机的空气滤清器?
5. 节气门体的清洗方法和工艺是怎样的? 清洗节气门体的注意事项有哪些?

第 6 天

排 气 系 统

学习目标

1. 了解排气系统的功能与结构。
2. 掌握排气系统的拆装方法。
3. 了解三元催化转化器的清洗方法。

基础知识

一、排气系统的作用与组成

排气系统指收集并且排放废气的系统，它是车辆排放和降噪的重要总成。如图 6-1 所示，排气系统主要由排气歧管、排气管、催化式净化器（三元催化转化器）、消声器、尾管等组成。排气系统通过橡胶吊耳固定在车身，允许排气装置小幅移动，防止车身振动。排气系统部件与车身底板之间安装有隔热板，以防止车身温度过高。

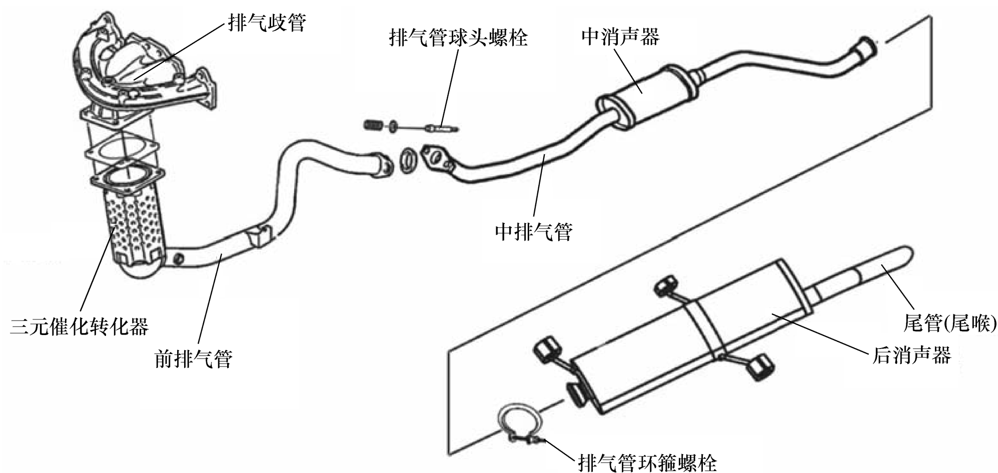


图 6-1　排气系统的组成

排气歧管的作用是汇集各气缸的废气，通过排气消声器排出。排气消声器的作用是降低从排气管排出废气的温度和压力，以消除火星和噪声。发动机尾气经过前、后三元催化转化器，通过高温的催化反应，大大降低了尾气中有害气体（HC、CO、NO）的含量，使尾气排放满足越来越严格的环保法规。

二、消声器的作用与类型

汽车噪声主要来自汽车排气噪声。若不加消声器，噪声可达100dB（A）以上。消声器的主要作用就是降低发动机的排气噪声，并使高温废气能安全有效地排出。消声器作为排气管道的一部分，应保证其排气畅通、阻力小及足够强度。消声器要经受500～700℃高温排气，保证在汽车规定的行驶里程内不损坏、不失去消声效果。汽车消声器按消声原理与结构可分为阻性消声器、抗性消声器和阻抗复合型消声器三类。

（1）阻性消声器　阻性消声器主要是利用多孔吸声材料来降低噪声的。当声波进入阻性消声器时，一部分声波能在多孔材料的孔隙中摩擦而转化成热能耗散掉，使通过消声器的声波减弱。阻性消声器对中、高频消声效果好、对低频消声效果较差，货车多采用阻性消声器。

（2）抗性消声器　如图6-2所示，抗性消声器是由突变界面的管和室组合而成的，好像是一个声学滤波器。选取适当的管和室进行组合，就可以滤掉某些频率成分的噪声，从而达到消声的目的。抗性消声器适用于消除中、低频噪声。

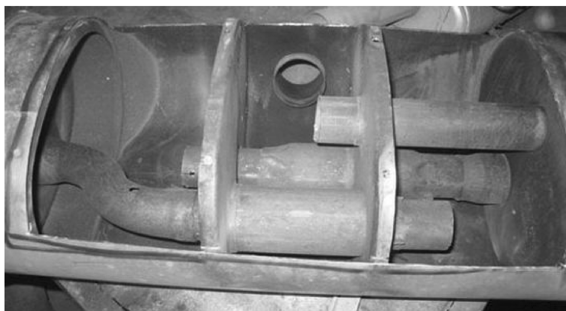


图6-2　抗性消声器内部结构

（3）阻抗复合型消声器　阻抗复合型消声器是分别用抗性消声单元和吸声材料组合构成的消声器，它具有抗性、阻性消声器的共同特点，对低、中、高频噪声都有很好的消声效果，现代的汽车多采用阻抗复合型消声器。



实际操作

一、排气歧管的拆卸和安装

大众宝来2.0L汽油发动机排气管的拆装方法如下：

1）先按下列方法拆下带尾气催化净化器的排气前管：

① 举升车辆，从车辆下方拆卸排气前管与排气歧管的连接螺母，如图6-3箭头所示。

② 拆卸排气前管的支架螺栓，如图 6-4 箭头所示。

③ 旋出螺母 1。

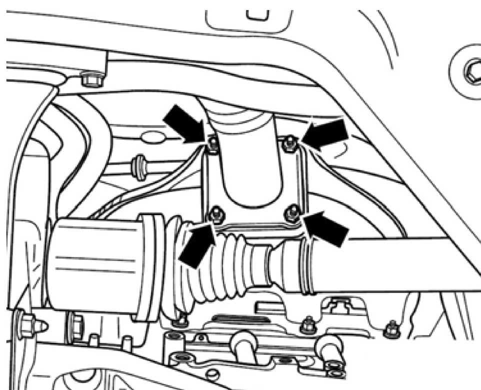


图 6-3　拆卸连接螺母

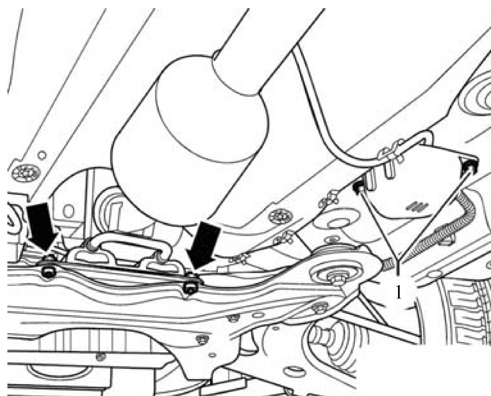


图 6-4　拆卸支架螺栓

④ 拉出并脱开三元催化转化器后的氧传感器插头 1，如图 6-5 箭头所示。

⑤ 松开如图 6-6 所示的排气管夹紧套 1，并将其向后推。

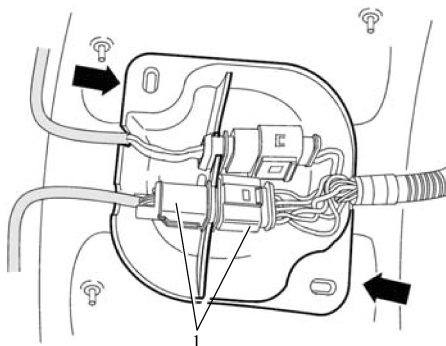


图 6-5　脱开后氧传感器插头

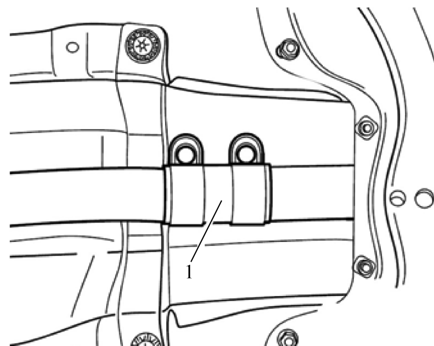


图 6-6　松开排气管夹紧套

⑥ 将三元催化转化器的排气前管拆下。

2）旋出支架螺母，如图 6-7 箭头所示。

3）从支架中拉出并脱开三元催化转化器前的氧传感器电气插头连接 1。

4）将氧传感器的电线从车身隔热板上取下。

5）拆下传动轴上方的隔热罩。

6）旋出隔热板 4 的螺栓 5，如图 6-8 箭头所示。

7）旋出排气歧管 2 上的螺母 3。

8）从下方取下排气歧管 2 和排气歧管的密封件 1。

9）安装带尾气催化净化器的排气前管和排气歧管。安装时基本按倒序进行，同时要注意下列事项：

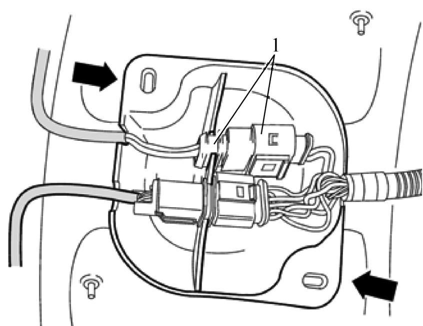


图 6-7　脱开前氧传感器插头

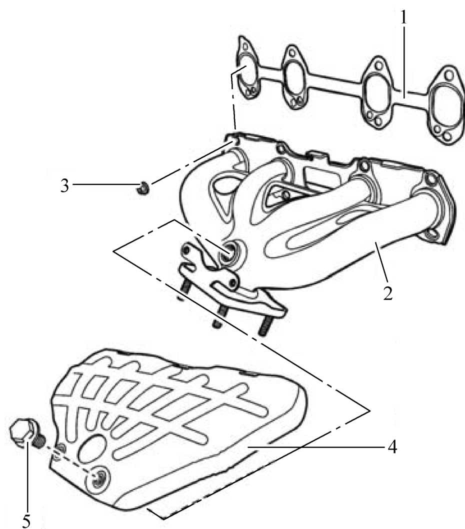


图 6-8　拆下隔热板和排气歧管

① 更新密封件和自锁螺母。

② 将排气装置调节到无应力。

二、排气管的拆装方法

东风风神轿车中段排气管的拆装方法如下：

1）拆卸前排气管组件的 2 个螺栓，如图 6-9 所示。

2）拆卸排气管后部卡箍螺栓，如图 6-10 所示。



图 6-9　拆卸排气管连接螺栓



图 6-10　拆卸卡箍螺栓

3）借助排气管卡箍拆卸钳，拆卸排气管卡箍，如图 6-11 所示。

注意：在拆卸排气管卡箍的过程中，中间排气管可能会突然掉下来，需要戴手套把它扶稳。

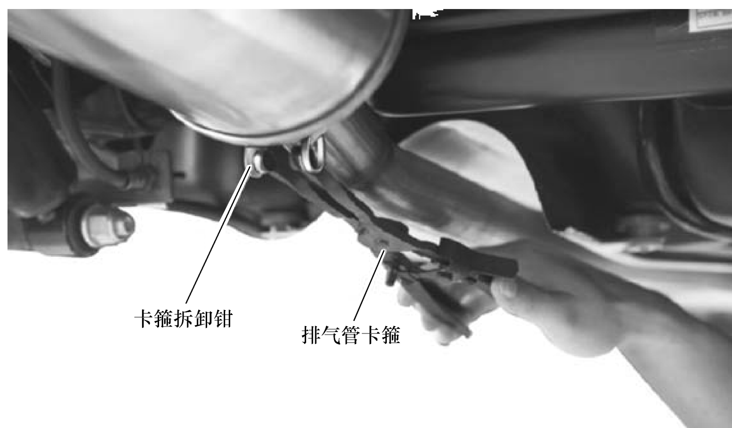


图 6-11　拆卸排气管卡箍

4）安装。按照与拆卸相反的顺序进行安装。

注意：安装前检查排气管和各接头卡箍有无损坏，如果有损坏应该予以更换，否则会造成排气管漏气，产生噪声。

三、消声器的拆装方法

东风风神轿车后消声器的拆装方法如下：

1）拆下排气管后部卡箍螺栓，如图 6-12 所示。

2）借助排气管卡箍拆卸钳，拆卸排气管卡箍，如图 6-13 所示。

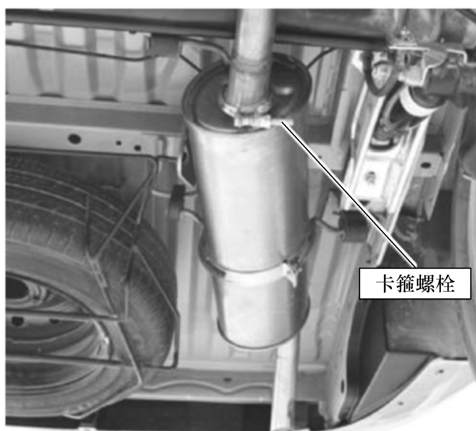


图 6-12　拆下卡箍螺栓

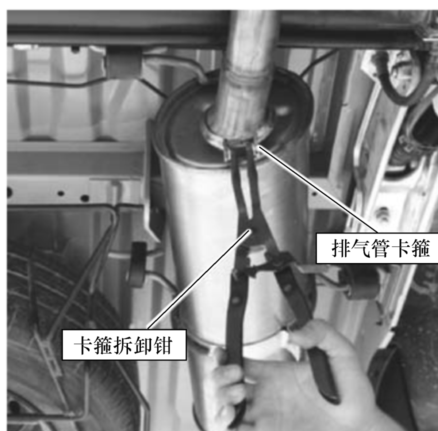


图 6-13　拆卸排气管卡箍

3）用力脱开消声器的 3 个弹性支承块，取下消声器，如图 6-14 所示。

4）安装。按照与拆卸相反的顺序进行安装。

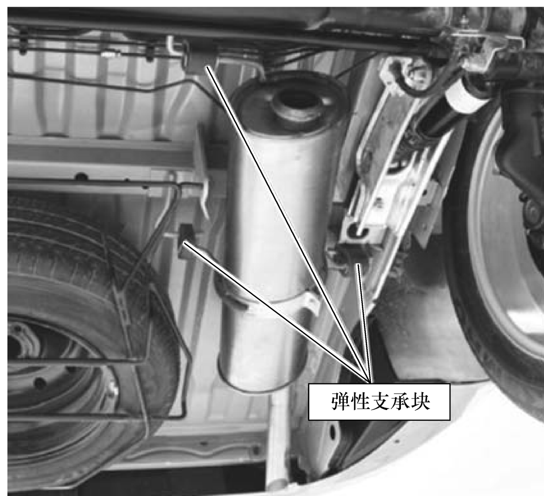


图 6-14　脱开弹性支承块

注意：检查消声器有无损坏，如果有损坏应该予以更换，否则在排气过程中会产生极大的噪声。

四、三元催化转化器的就车清洗

三元催化转化器是安装在汽车排气系统中最重要的废气净化装置，对车辆是否符合排放标准（特别是年审时）起着重要的作用。由于使用的汽油中硫、锰、烯烃含量高，三元催化转化器的使用寿命平均只有 3 万 ~5 万 km。经常清洗三元催化转化器可延长使用寿命，避免失效后需要更换新的三元催化转化器。其次，清洗喷油器、节气门体只能解决车辆耗油和动力部分问题，同时清洗三元催化转化器可以全面解决问题，显著提升汽车动力，节省燃油。

三元催化转化器的就车清洗方法如下：

1）关闭发动机，将点火开关旋到 OFF 档位置。

2）断开燃油泵保险或继电器，或从燃油箱处拆下油泵电路插头。

3）拆下车辆喷油器的供回油管路，根据车型在供回油管路上安装相应的快速接头，并与清洗机接好。

4）将三元清洗剂（1004 燃油修复剂）按 1 瓶兑 1000mL 汽油的比例，加入清洗机油箱内。

5）接通电源，红色接汽车蓄电池的正极，黑色接汽车蓄电池的负极。

6）调压：将调压阀定在低压，将计时器旋在最高值，打开清洗机电源开关，根据所施工的车的电动汽油泵来调整清洗机的工作压力。

7）检查：检查所有的接头是否都已接好，确保无漏油现象的发生。

8）清洗：起动发动机，清洗工作开始，清洗剂用完后，发动机会自动灭火（当发动机发出警报时表示将停止清洗，可根据情况停止或选择继续，如继续则将计时器旋到高值）。在清洗过程中如发生异常，立即关闭清洗机电源开关，修正后再继续工作。

9）清洗完毕后，断开清洗设备电源开关，拆开清洗设备和车辆的各管路连接处，恢复车辆的原有燃油管路和电路系统。

10）起动发动机，检查有无泄漏，一切正常后，清洗工作结束。

五、使用盐酸溶液清洗三元催化转化器

三元催化转化器堵塞的主要原因为燃油成分中锰含量或其他添加剂含量过多，在其燃烧排放过程中堆积在三元催化转化器内部导致。这时，可拆下三元催化转化器进行清洗。

1）首先必须将氧传感器拆下。

2）拆卸带三元催化转化器的排气歧管总成或单独拆下三元催化转化器。

3）设备要求：大口杯和注射器，用来盛放、注入清洁液。

4）戴上防护眼镜和手套，防止身体被盐酸溶液烧伤。

5）将盐酸溶液300mL倒入大口杯中，然后配制出浓度约为10.9%的溶液。一般市面上销售的盐酸浓度为38%，因此要把38%浓度的盐酸稀释成10.9%，则要按1∶4（盐酸1L∶水4L）混合使用。

6）如图6-15所示，使用注射器，缓慢平稳地将盐酸溶液注入排气歧管的开口、三元催化转化器后边的凸缘和氧传感器安装孔，保持注入大约10min。

注意：排气歧管保持垂直位置，以便于清洁剂和清水的注入。

7）将清水缓慢注入排气歧管的开口，三元催化转化器后边的凸缘和氧传感器安装孔，注入时间要持续5min以上，直到红褐色的含锰液体不再流出。

8）如图6-16所示，从三元催化转化器后边的凸缘，使用压缩空气吹除附着在三元催化转化器内表面的锰，气压约700kPa即可。



图6-15　注入盐酸溶液



图6-16　吹除附着在三元催化转化器内表面的锰

9）将排气歧管总成浸入清水中进行清洗，直到红褐色的含锰液体不再流出为止。

10）使用压缩空气从三元催化转化器后边的凸缘、排气歧管的开口和氧传感器支架开口，向内部吹气，吹干内部残余的水为止。



维修案例

捷达 2V 汽车加速不顺畅

故障现象：一辆捷达 2V 汽车，加速不顺畅。

故障诊断与排除

1）连接 V. A. G1551 查询发动机故障码，系统正常没有故障码。

2）查看发动机控制系统数据流，发现氧传感器数值每秒的变化慢，像是反应迟钝一样。

3）更换氧传感器同时清洗了节气门，但故障没有排除。

4）检查火花塞，发现火花塞还比较新。

5）检查燃油质量，更换全部剩余燃油和燃油滤清器后，故障现象有所减轻，但没彻底排除。

6）综合氧传感器反应迟钝现象，怀疑三元催化转化器有问题，拆开三元催化转化器，发现转化器中度堵塞。此阶段化学反应产物已在催化剂表面累积到一定程度，因而造成排气背压升高、油耗增加、动力下降。

7）更换三元催化转化器后，车辆加速顺畅，动力较足，故障排除。



你学会了吗?

1. 排气系统起什么作用，由哪些部分组成?
2. 消声器的作用是什么，有哪些类型?
3. 怎样拆装排气管和消声器?
4. 三元催化转化器的清洗方法有哪两种?

第 7 天

机　体　组

学习目标

1. 了解机体组的结构和作用。
2. 学会使用气缸压力表测量气缸压缩压力。
3. 掌握气缸盖的拆装方法。
4. 学会使用量缸表测量气缸的直径及检查气缸。

基础知识

一、机体组的作用与组成

如图 7-1 所示，按发动机构件从上到下的顺序，机体组主要由气缸盖罩、气缸盖、

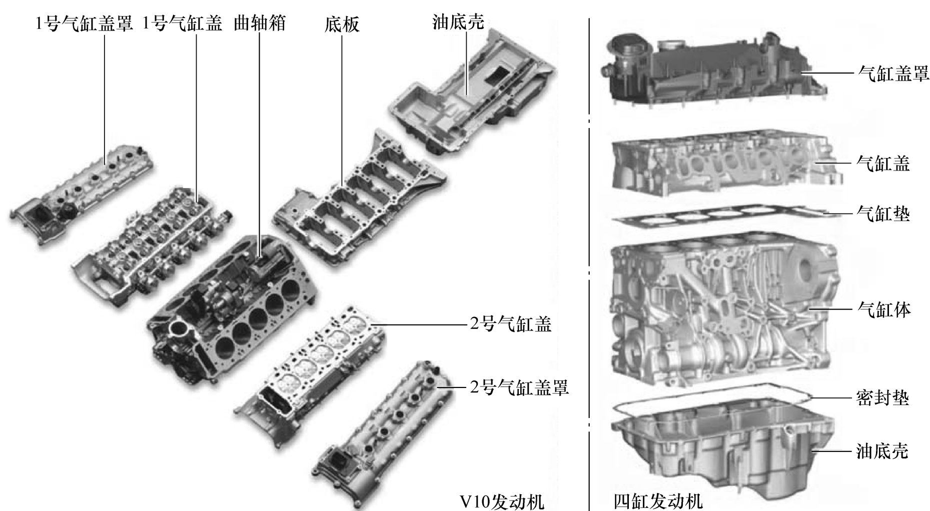


图 7-1　机体组的结构

气缸衬垫、气缸体和油底壳等组成。机体组是发动机的支架，是曲柄连杆机构、配气机构和发动机各系统主要零部件的装配机体。气缸盖用来封闭气缸顶部，并与活塞顶和气缸壁一起形成燃烧室。另外，气缸盖和机体内的水套和油道以及油底壳又分别是冷却系统和润滑系统的组成部分。

二、气缸体

气缸体是发动机各个机构和系统的装配基体，它不仅承受高压气体作用力，而且安装有几乎所有的发动机零件。气缸体与气缸盖一起构成燃烧室，其作用是引导活塞运动，散发燃烧过程中产生的多余热量。如图 7-2 所示，气缸体是通过定位销和气缸盖螺栓与缸盖紧密连接在一起的，两者之间是起密封作用的气缸垫。气缸体上加工有油道、水道和曲轴箱通风通道，以解决发动机润滑、冷却和曲轴箱窜气的问题。

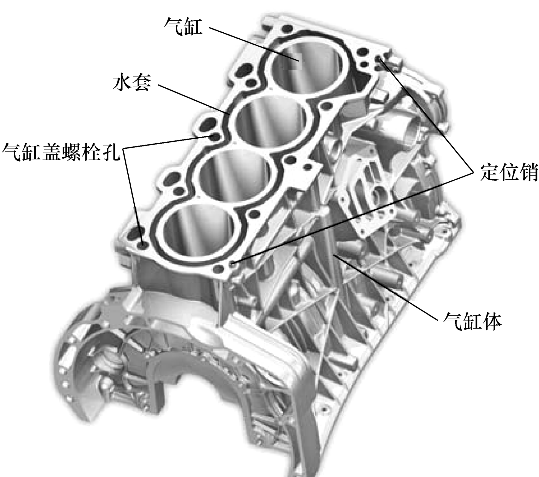


图 7-2　气缸体的结构

气缸体由灰铸铁或铝镁轻合金铸造而成。气缸体铸成后，使用精细的切削工具和珩磨机来加工缸孔表面。如果气缸孔表面损坏，通常可以重新进行机加工。现在的汽油发动机广泛采用镶入缸体内的气缸套，形成气缸工作表面。由于这种缸套镶在气缸内，不直接与冷却液接触，因此称为“干式缸套”。干式缸套的优点是不易漏水漏气，缸体结构刚度大、缸心距小、机体质量轻。

湿式缸套的外表面直接与发动机冷却液接触，比干式缸套的壁厚大，它主要用于柴油机，其厚度一般为 5～9mm。湿式缸套的优点是缸体铸造较容易，又便于更换安装，且散热效果好。缺点是缸体刚度较差，易产生穴蚀，且易漏水、漏气，如图 7-3 所示。

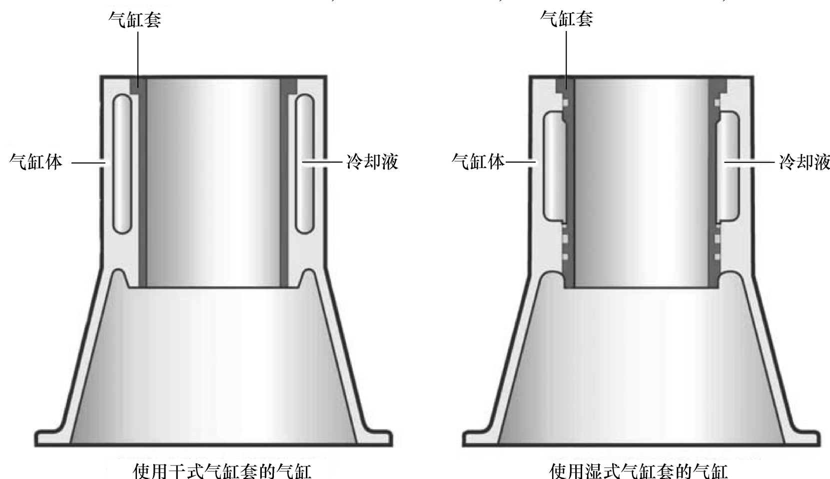


图 7-3　干式缸套与湿式缸套

三、气缸盖

气缸盖的主要作用是封闭气缸上部，并与活塞顶部和气缸壁一起构成燃烧室。其次，发动机的配气机构都安装在缸盖上，如凸轮轴、液压挺柱、气门、气门弹簧、气门摇臂和气门间隙调整机构等，如图 7-4 所示。缸盖上加工有进/排气门座孔、气门导管孔、火花塞安装孔以及水套、进/排气道和燃烧室。在汽油直喷发动机中，还设有高压喷油器安装孔。采用顶置凸轮轴的发动机，在气缸盖上还加工有凸轮轴轴承座及其润滑油道。

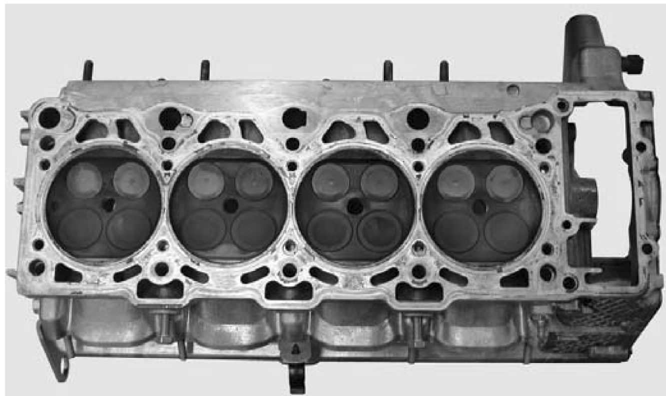


图 7-4 安装了配气机构的缸盖

气缸盖的结构取决于发动机的冷却方式、燃烧室的形状以及气门的布置形式等因素。交叉流动式气缸盖采用每缸四气门中央火花塞设计并带有可促进燃油混合气涡流的进气通道，以改善燃烧情况，从而提高燃油经济性、动力性能及降低废气排放。液压挺柱安装在每个气门顶部，由凸轮轴直接驱动。为使气门完全关闭，通过向液压挺柱供给高压油，消除气门机构中的间隙。

四、气缸盖密封件

为了对燃烧气体进行密封，在气缸体和气缸盖之间布置密封垫和密封圈，如图 7-5 所示。这就是所谓的气缸盖密封件。因为气缸盖密封件要承受高的热力和压力，进行安装工作时要采取特别的安全措施。

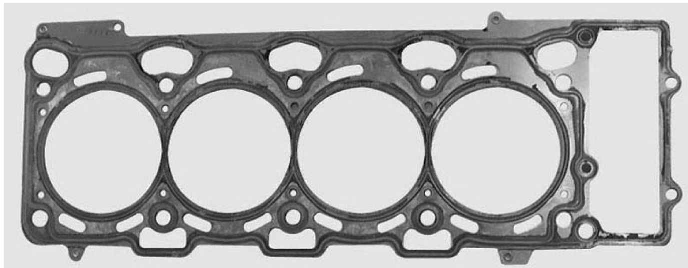


图 7-5 气缸盖密封件

气缸垫在气缸盖和气缸体之间构成气密和水密接合，并能够弥补接合面上任何微小的凹凸不平。因此，气缸垫必须用具有一定柔性（弹性）的材料制造，它通常由一种软材料与一个金属支撑衬垫组成。



实际操作

一、气缸压缩压力的测量

如果发动机动力不足，冷起动困难、耗油量过大或燃油经济性不佳时，需要测量气缸压缩压力。测量起亚 K2 发动机气缸压力的具体步骤如下：

1）确定曲轴箱内的机油黏度适当，油位正确，并且蓄电池适当充电。然后使发动机达到正常工作温度。

2）拆卸发动机舱盖。

3）拆卸点火线圈。

4）使用火花塞专用扳手，拆卸 4 个火花塞。

5）断开喷油器线束，或使用诊断仪设置所有喷油器停止喷油。

6）按以下方法检查气缸压缩压力。

① 在火花塞孔内插入气缸压力表，如图 7-6 所示。

② 将节气门放在全开位置。

③ 起动发动机，测量压缩压力。一定要使用电量充足的蓄电池，使发动机达到 250r/min 以上的速度。

④ 对各缸按①到③的步骤重复检测。

气缸压力：标准：1225.83kPa，最低：1078.73kPa，各缸之间的压力差：98kPa 以下。

⑤ 若其中一个缸或更多气缸压力过低，从火花塞孔向气缸注入少量机油，然后对低压气缸重复步骤①到③。

如果添加机油使压力上升，可能是活塞环或气缸内径磨损或损坏造成的。

如果压力持续低，可能是气门咬粘、气门座不良或气缸盖衬垫漏气。

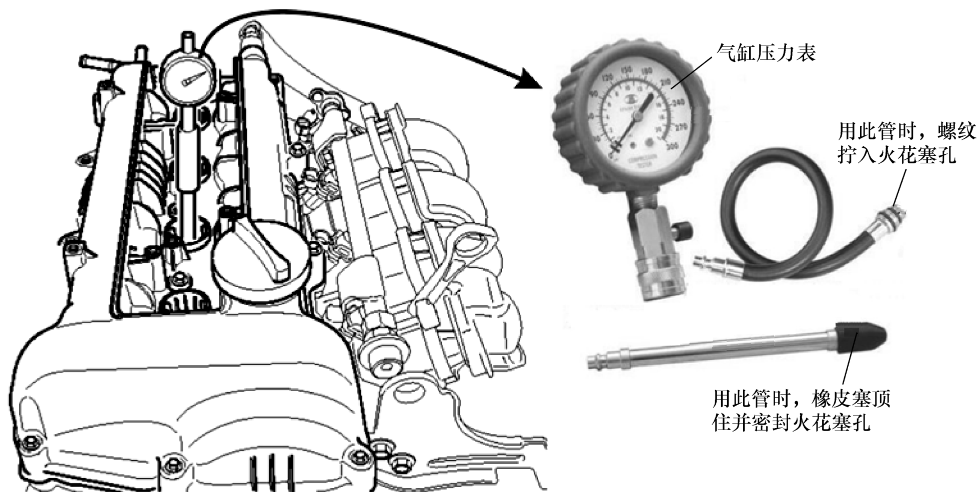


图 7-6　安装气缸压力表

特别提示：

汽车发动机气缸压力的参照范围一般为：汽油机（1.0～1.3MPa），柴油机（3.0～4.5MPa）。

气缸压缩压力值应以发动机的维修参数为准，一般发动机单缸的缸压不得低于标准值的80%～90%，各缸的缸压差不得大于平均值的8%～10%，否则说明燃烧室密封不良。

气缸压缩压力低时，将20mL的机油从火花塞口倒入被测气缸内，再次测量气缸压力。如果测出压力值明显上升，则表明活塞环或者气缸壁磨损。如果压力变化不大，则可断定为其他相关件的磨损造成此故障。

二、气缸盖罩的拆卸与安装

检修发动机气门机构，拆卸气缸盖时，需要先拆下气缸盖罩。本田飞度发动机气缸盖罩的拆卸方法如下：

1）拆下进气歧管室。

2）断开四个点火线圈插接器。

3）拆下线束托架A和通气软管B，如图7-7所示。

4）拧松气缸盖罩螺栓，拆下气缸盖罩，如图7-8所示。

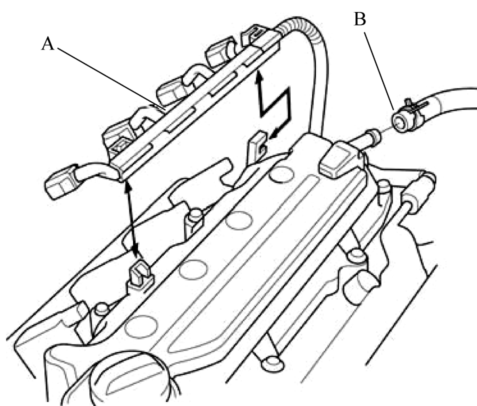


图7-7 拆下线束托架和通气软管

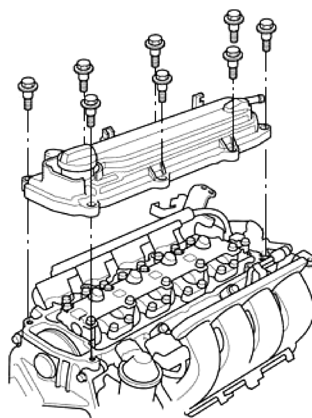


图7-8 拆下气缸盖罩

5）彻底清洁缸盖罩衬垫和凹槽。

6）将缸盖罩衬垫A安装到缸盖罩B的凹槽中，如图7-9所示。

7）检查并确认接合面清洁、干燥。

8）在链条箱的接触区域A涂抹密封胶。

注意：

① 在链条箱的接触区域涂抹约 2.5mm 圆柱直径的密封胶。

② 如果涂抹密封胶后经过 5min 或更长时间，不要安装零部件，清除旧的密封胶后重新涂抹密封胶。

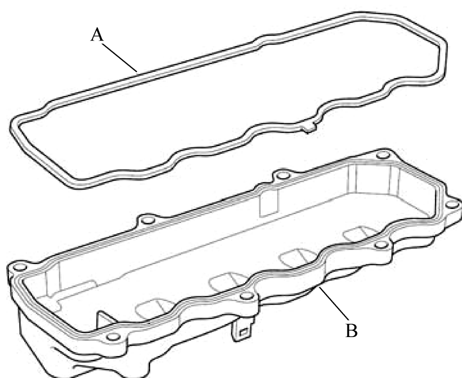


图 7-9　安装缸盖罩衬垫

9）将缸盖罩放在气缸盖上，然后轻轻地前后滑动缸盖罩以固定缸盖罩衬垫。

10）分三步紧固所有的螺栓。在最后一步中，按图 7-10 所示的顺序将所有螺栓紧固至力矩 9.8N·m。

注意：

① 等待 30min 后再加注机油。

② 安装缸盖罩后，至少 3h 内不要运行发动机。

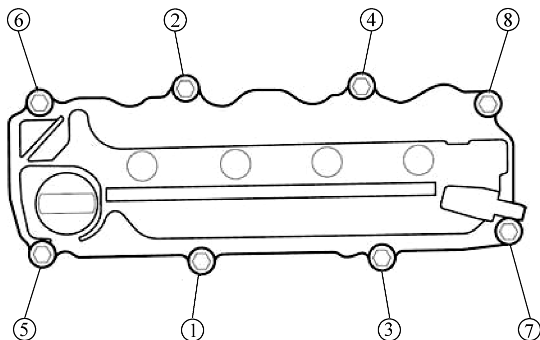


图 7-10　缸盖罩螺栓拧紧顺序

三、气缸盖的拆装方法

进行发动机大修，如更换活塞、连杆，检修气缸时，有可能需要拆装气缸盖。气缸盖的拆装步骤如下：

1）拆卸发动机装饰盖。

2）卸去燃油管路中的燃油压力。

3）拆卸进气歧管和排气歧管。

4）拆卸凸轮轴正时带或正时链条。

5）拆卸气缸盖罩。

6）拆卸凸轮轴正时齿轮。

7）拆卸正时带自动张紧器。

8）拆卸凸轮轴轴承盖和凸轮轴。

9）拆卸发动机装配支撑支架固定螺栓。

10）拆卸气缸盖螺栓，并拆卸气缸盖。

① 使用六角扳手，按由两边到中间的对角顺序拧松并拆卸气缸盖螺栓，如图 7-11 所示。

② 使用一把塑料锤子轻敲缸盖肋部，以便拆卸气缸盖，并将气缸盖放置在工作台的木块上。

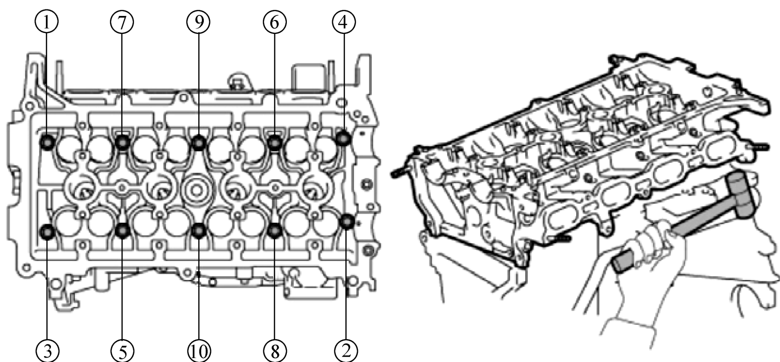


图 7-11　气缸盖的拆卸方法

11）将气缸盖对准气缸体的定位销，然后放平，使用六角扳手，按由中间到两边的对角顺序拧松 10 个气缸盖螺栓（和图 7-11 中的顺序相反）。

12）其他步骤按与拆卸相反的顺序进行。

四、气缸盖的检查方法

检查气缸盖的目的有两个：一是检查气缸盖的变形情况，防止压缩压力减小；二是检查冷却液或机油的泄漏情况。气缸盖翘曲度检查的方法如下：

1）拆下气缸盖。

2）除去并清洁气缸盖底部表面上的异物并清洁气缸盖底部表面。不要让衬垫碎片进入机油或发动机冷却液通道内。

3）检查气缸盖是否翘曲。如图 7-12 所示，用直尺和塞尺在缸盖的多个位置测量六个方向的扭曲。如果超出极限值（通常为 0.1mm），则重新修整或更换气缸盖。

4）测量气缸盖的高度，如果超出极限值，则更换气缸盖。

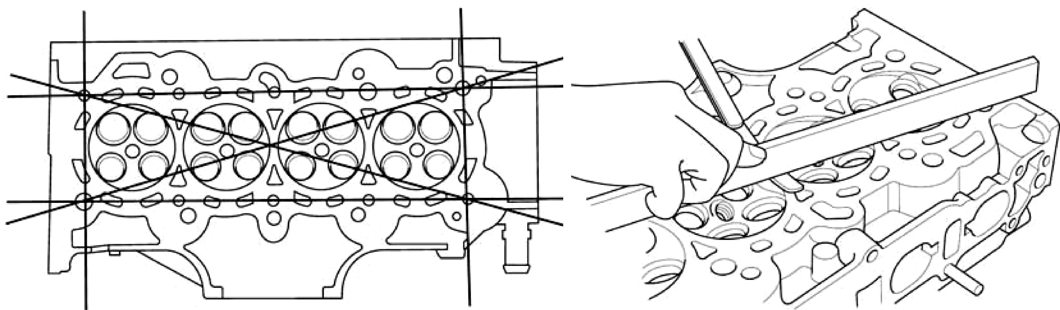


图 7-12　检查缸盖翘曲度

五、气缸的检查方法

活塞在气缸中作高速运动，长时间工作后会产生磨损，当磨损达到一定程度后，将引起发动机动力性、经济性明显下降。这时，应将发动机拆解后对气缸（套）进行检查。除了检查气缸缸壁是否有划痕、损伤，主要是测量气缸直径，进而计算出气缸的圆度和圆柱度，再将其和规定值对比，看是否在规定范围内。

1）安装、校对量缸表

① 按被测气缸的标准尺寸选择合适的接杆，装上后，暂不拧紧固定螺母。

② 把外径千分尺调到被测气缸的标准尺寸，将装好的量缸表放入千分尺。

③ 稍微旋动接杆，使量缸表指针转动约 2mm，使指针对准刻度零处，拧紧接杆的固定螺母。为使测量正确，重复校零一次。

2）读数方法

① 百分表表盘刻度为 100 格，指针在圆表盘上转动一格为 0.01mm，转动一圈为 1mm；小指针移动一格为 1mm。

② 测量时，当表针顺时针方向离开“0”位，表示缸径小于标准尺寸的缸径，它是标准缸径与表针离开“0”位格数的差；若表针逆时针方向离开“0”位，表示缸径大于标准尺寸的缸径，它是标准缸径与表针离开“0”位格数之和。

③ 若测量时，小指针移动超过 1mm，则应在实际测量值中加上或减去 1mm。

3）测量方法

① 使用量缸表，一只手拿住隔热套，另一只手托住管子下部靠近本体的地方。

② 如图 7-13 所示，将校对后的量缸表活动测杆在曲轴轴线方向和与之垂直的方向分别测量，沿气缸轴线上、中、下取三个位置（截面），共测得六个数值。上面一个位置一般定在活塞在上止点时，位于第一道活塞环气缸壁处，约距气缸上端 15mm。下面一个位置一般取在气缸套下端以上 10mm 左右处，该部位磨损最小。

③ 测量时，使量缸表的活动测杆同气缸轴线保持垂直，才能测量准确。当前后摆动量缸表表针指示到最小数字时，即表示活动测杆已垂直于气缸轴线。

4）计算气缸圆度和圆柱度。圆度误差是指同一截面上磨损的不均匀性，同一横截面上不同方向测得的最大直径与最小直径差值的一半就是圆度。计算出上述三个截面的圆度，然后取其中的最大值。其圆度误差值应保证在 0.05 ~0.06mm 之间。

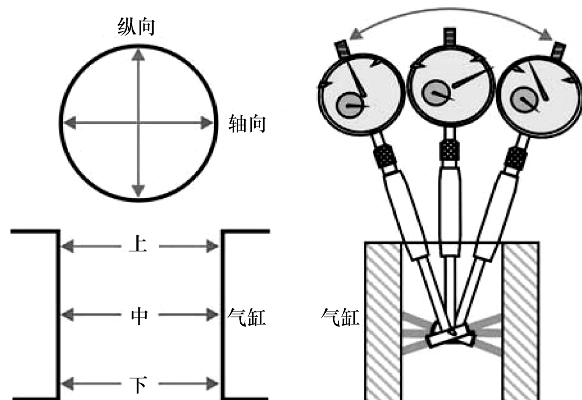


图 7-13　气缸的测量方法

圆柱度误差是指沿气缸轴线的轴向截面上磨损的不均匀性，用被测气缸表面任意方向所测得的最大直径与最小直径差值的一半作为圆柱度误差。

5）测量数值中，任意一项达到或超过限值，即应对该气缸套进行修理或更换。

6）气缸的圆度、圆柱度误差均小于限值，而磨损量小于 0. 15mm 时，可直接更换新活塞、活塞环。

7）划伤或擦伤的气缸孔必须珩磨。

8）检查气缸体顶面的翘曲度。如图 7-14 所示，沿着边缘和穿过中心进行测量。

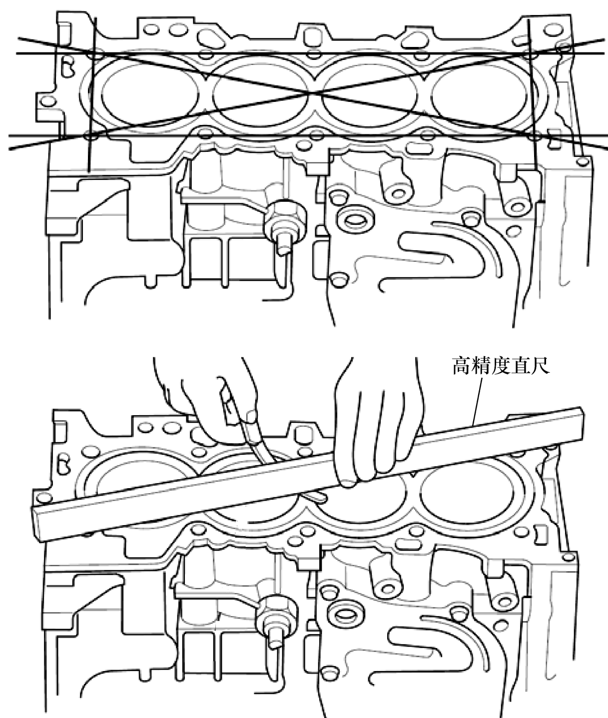


图 7-14　检查缸体翘曲度

9）计算气缸孔直径和活塞直径的差值。如果间隙（图 7-15）接近或超出了维修极限（0.05mm），则检查活塞和发动机气缸体是否过度磨损。

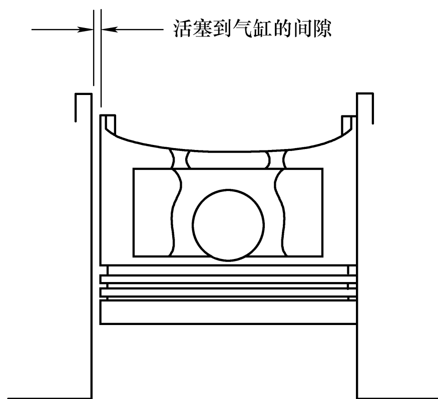


图 7-15　活塞配缸间隙



你学会了吗?

1. 机体组主要由哪些部件组成？各部分起什么作用？
2. 根据是否与冷却液接触，气缸套可分为________和________。
3. 怎样测量气缸的压缩压力？
4. 怎样拆卸气缸盖？
5. 怎样使用量缸表检查和测量气缸？

第 8 天

曲柄连杆机构

学习目标

1. 了解曲柄连杆机构的作用与组成。
2. 掌握连杆轴瓦和曲轴主轴承的选配方法。
3. 掌握活塞的选配和安装方法。
4. 学会检查连杆和曲轴之间的连杆轴向间隙。
5. 学会拆卸、检查和安装曲轴。
6. 掌握活塞环的更换方法。

基础知识

一、曲柄连杆机构的作用与组成

曲柄连杆机构的作用是将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动，对外输出动力，以驱动车辆。它是发动机实现工作循环，完成能量转换的主要运动部分。在做功行程中，它通过活塞的往复运动和曲轴的旋转运动将燃料燃烧产生的热能转变为机械能，对外输出动力；在其他冲程中，则依靠曲柄和飞轮的转动惯性、通过连杆带动活塞上下运动，为下一次做功创造条件。

如图 8-1 所示，曲柄连杆机构由机体组（包括气缸盖和气缸体）、活塞、活塞环、活塞销、连杆、曲轴、飞轮、扭转减振器等组成。

二、活塞连杆组

活塞连杆组由活塞、活塞环、活塞销、连杆、连杆盖、连杆螺栓等组成。

活塞是发动机所有传动部件的第一个环节，其作用是承受气缸中燃烧气体的压力，并将此压力通过活塞销传给连杆，以推动曲轴旋转。

如图 8-2 所示，活塞由活塞顶、活塞环部、活塞销座和活塞裙部构成。活塞环、活塞销和活塞销卡环也是活塞总成的一部分。活塞顶构成了燃烧室的下部，在汽油发动机上可以采用平顶、凸顶或凹顶活塞。活塞环部分通常有三个用于固定活塞环的环形槽，

活塞环的作用是防止漏气和漏油。活塞环岸位于环形槽之间，一套活塞环通常包括两个气环和一个刮油环。

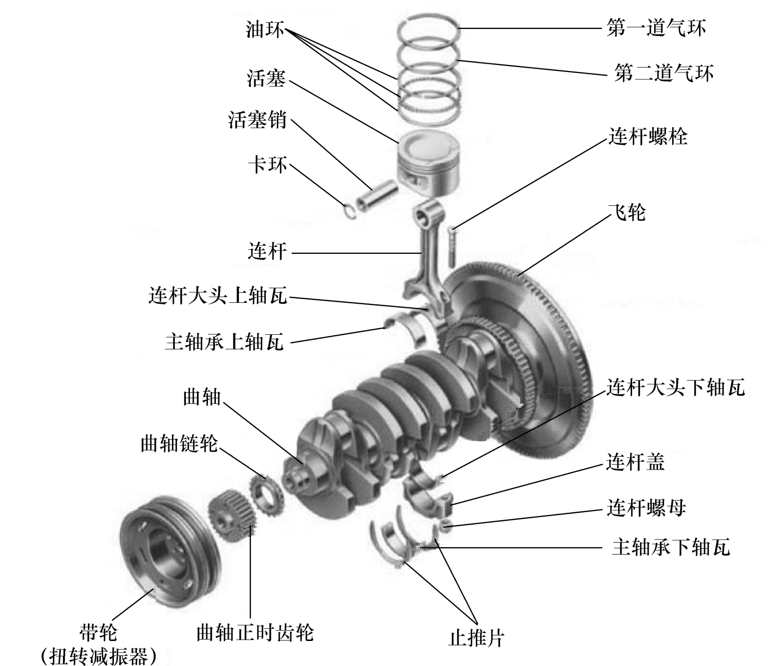


图 8-1 曲柄连杆机构的结构组成

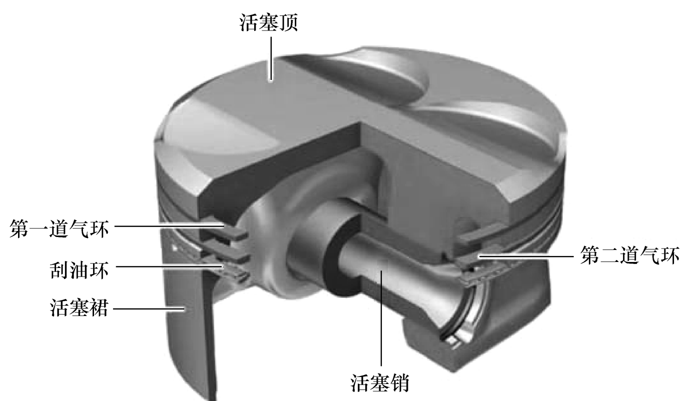


图 8-2 活塞的结构

活塞在工作时不断地从燃烧气体中吸收热量，活塞与气缸间的快速摩擦也产生热量。如果要保持活塞有较高的强度，满足发动机的使用要求，必须将活塞吸收的热量及时地传走。活塞吸收的热量主要通过活塞环、活塞裙部和活塞内腔顶传递。但对于高强度发动机活塞，仅靠这些方式已不能满足冷却活塞的要求，需要采用强制喷油冷却，即通过专门的冷却机油通道由喷嘴向活塞内壁喷射机油，以冷却活塞。

在曲轴传动机构中，连杆负责连接活塞和曲轴，将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动，并将缸内气体燃烧产生的压力传递至曲轴。

如图 8-3 所示，连杆由连杆小头、杆身和连杆大头构成。连杆小头通过活塞销与活塞连接，连杆小头内压装了一个轴套，小头端的一个开孔为轴承提供润滑油。杆身通常做成“工”字形断面，以求在满足强度和刚度要求的前提下减轻质量。连杆大头位于曲轴侧，且必须采用分体形式，以便能够使连杆支撑在曲轴上。连杆大头采用滑动轴承，滑动轴承由两个轴瓦构成，曲轴内的一个油孔为轴承提供机油。

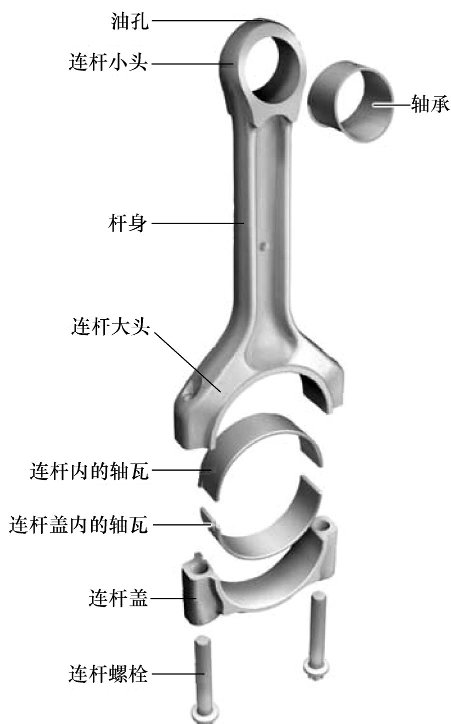


图 8-3　连杆的结构

三、曲轴

曲轴的功用是把活塞、连杆传来的气体压力转变为转矩，用以驱动汽车的传动系统和发动机的配气机构以及其他辅助装置。这些辅助装置包括水泵、发电机、油泵、伺服泵等。

曲轴的结构如图 8-4 所示，曲轴安装于气缸体的曲轴箱中。在很大程度上，发动机的型式和气缸数决定曲轴的形状和轴承数。曲轴主轴颈排在一条轴线上。它们用来支撑安装在曲轴箱中的曲轴。曲轴的连杆轴颈（曲柄销）位于曲轴的四周，根据气缸数和点火顺序排列。在直列式发动机上，每个连杆轴颈对应一个连杆。在 V 型发动机上，常常两根连杆支承在一个曲柄销上，所以这个曲柄销相应地较长。

曲轴上加工有润滑油道，机油从主轴颈通过油道连通至相邻的连杆轴颈。油孔位于主轴颈和连杆轴颈上，孔中出来的压力机油分别润滑主轴承和连杆轴承。

曲轴会受到各种各样的力，发动机工作产生的力通过活塞不均匀地传给曲轴。由此产生的扭转振动会影响发动机的平稳运行，极端情况下还会损坏曲轴。因此，曲轴必须经过精心平衡，这可通过去掉配重上的一些材料（钻平衡孔）来达到平衡。平衡重块的作用是平衡连杆大头、连杆轴颈和曲柄等产生的离心力及其力矩，以使发动机运转平稳。

四、发动机零部件选配标记

如图 8-5 所示，在发动机的缸体上刻印有发动机缸径级数及曲轴主轴颈壳体级数记号。缸体上刻印的缸径级数及曲轴主轴承壳体级数记号中，记号上列为缸体级数（4 缸

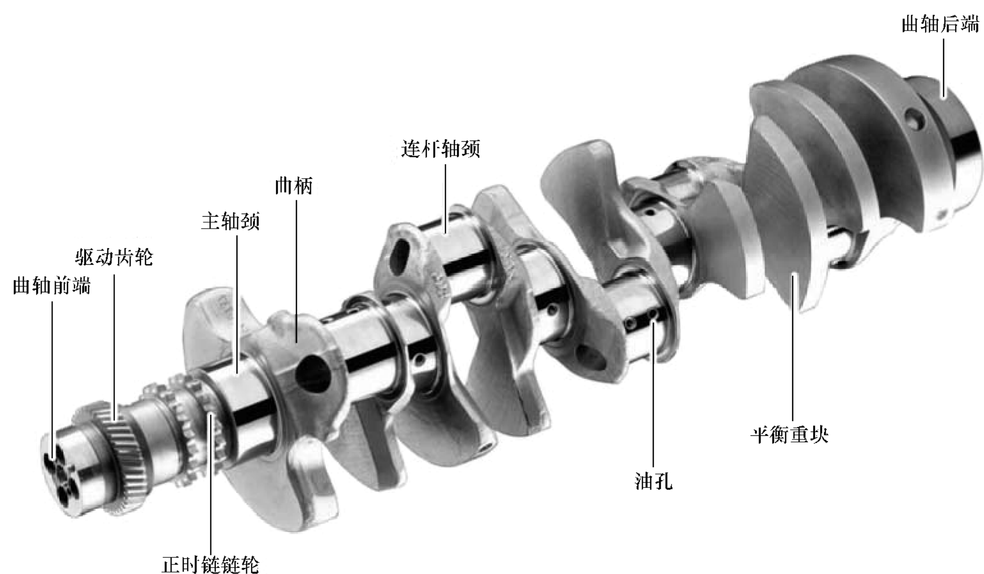


图 8-4　曲轴的结构

发动机就有 4 个代号)，记号下列为曲轴主轴承壳体级数（5 个级数代号)。缸径级数用于匹配相应尺寸的活塞，而曲轴主轴承壳体尺寸级数与曲轴主轴颈尺寸级数用于配对连杆大端轴承。

如图 8-6 所示，曲轴的前端通常刻印有连杆轴颈尺寸级数和曲轴主轴颈尺寸级数。以 4 缸发动机为例，曲轴前端的记号中，有 5 个级数的一列为曲轴主轴颈尺寸级数，有 4 个级数的一列为连杆轴颈尺寸级数。

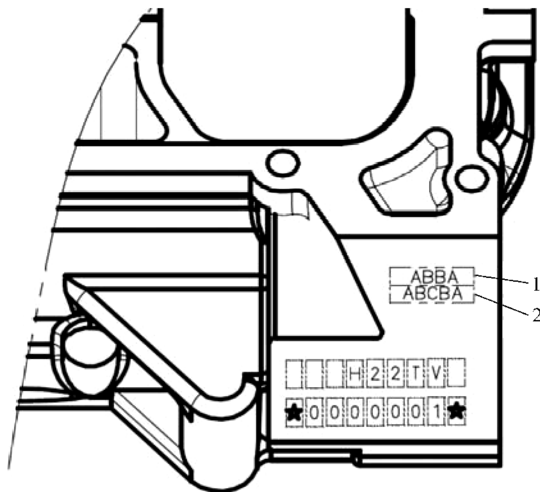


图 8-5　缸体上的级数标记

1—缸径级数　2—主轴承壳体级数

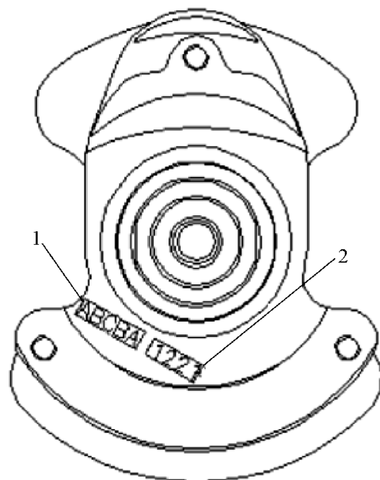


图 8-6　曲轴上的级数标记

1—曲轴主轴颈尺寸级数　2—连杆轴颈尺寸级数

使用新连杆和曲轴组装时需进行连杆大端轴承（连杆轴瓦）的配对。这时，应先知道曲轴连杆轴颈的尺寸级数，再查看连杆大端内径尺寸级数，两者皆确定级数后，即可依选定的级数进行轴承选配。进行曲轴主轴承配对时，应先知道缸体主轴颈尺寸级数，再选择曲轴主轴颈尺寸级数，两者皆确定级数后，即可依选定的级数进行主轴承选配。



实际操作

一、连杆轴瓦的选配方法

连杆轴瓦是根据连杆轴颈直径等级和连杆大端直径等级来选择的，连杆轴瓦常用数字和颜色来表示尺寸级别。表 8-1 为东安 4G1 系列发动机的连杆轴瓦选用表。

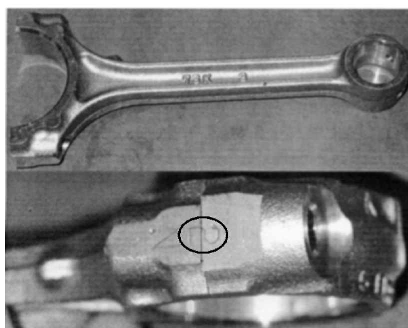
表 8-1　4G1 发动机连杆轴瓦选用表

连杆轴颈级别	连杆级别	连杆瓦级别
1（最大）	1	1
	2	1
	3	2
2（中等）	1	1
	2	2
	3	3
3（最小）	1	2
	2	3
	3	3

（1）使用新的连杆和曲轴时

1）在表中选择连杆边上的一行标有等级印记的连杆大端直径（图 8-7a）。

2）在表中选择曲轴前的一列里标有等级印记的连杆轴颈直径（图 8-7b）。



a)



b)

图 8-7　查看连杆大端和连杆轴颈级别

注意：4 个按顺序排列的数字或字母中的第一个为 1 缸连杆轴颈直径级别。

3）在连杆轴瓦选用表中选择行和列相交处的符号（连杆轴瓦尺寸级别）。

4）用连杆轴瓦等级表里的符号来选择连杆轴瓦。

（2）重复使用曲轴和连杆时

1）分别测量连杆大端直径和连杆轴颈直径。

2）在连杆轴瓦选用表中找到测量得到的尺寸。

3）在连杆轴瓦选用表中选择行和列交叉点的符号（连杆轴瓦尺寸级别）。

4）用连杆轴瓦等级表里的符号来选择连杆轴瓦。

二、曲轴主轴承的选配方法

曲轴主轴承（轴瓦）是根据曲轴主轴颈直径等级和主轴承壳体等级来选择的，主轴承常用数字和颜色来表示尺寸级别。

（1）使用新的缸体和曲轴时

1）查看缸体上的主轴承孔级别，在主轴承选择表中找到对应行。

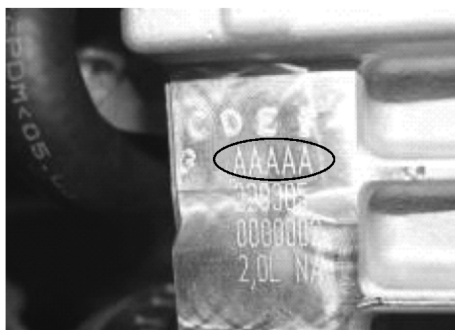
从图 8-8a 中我们可以看出，缸体上标记有 5 个 A，从左向右分别对应由曲轴前端开始的 1 ~5 号曲轴主轴承孔的尺寸级别。

2）在主轴承选用表中选择曲轴前的一列里标有等级印记的主轴颈直径。

我们可以通过图 8-8b 看到曲轴前端第一块平衡块上的标记（由字母或阿拉伯数字组成），第一个字母对应曲轴第一主轴颈级别，第五个字母对应曲轴第五主轴颈级别。

3）在主轴承选用表中选择行和列交叉点的符号（主轴承级别）。

4）用主轴承等级表里的符号来选择主轴承。



a)



b)

图 8-8　查看主轴承壳体级别和主轴颈级别

（2）重新使用缸体和曲轴时

1）分别测量缸体主轴承壳体内直径和曲轴主轴颈直径。

2）在主轴承选用表中找到测量得到的尺寸。

3）在主轴承选用表中选择行和列交叉点的符号（主轴承级别）。

4）用主轴承等级表里的符号来选择主轴承。

三、活塞的选配方法

活塞是根据气缸的缸径级别来确定的，气缸的缸径级别用数字或字母表示，一般位于缸体的后侧，如图 8-9 所示。缸径级别按气缸顺序排列，第一个数字或字母为 1 缸的缸径级别。

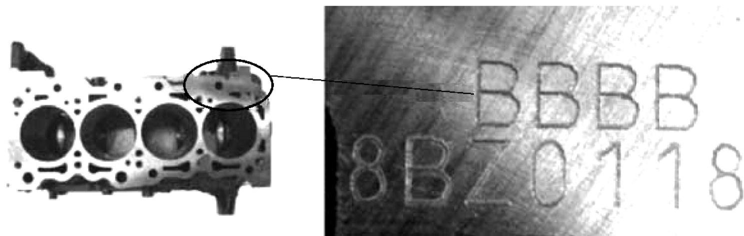


图 8-9　气缸的缸径级别

（1）使用新缸体时

检查缸体后侧的缸径级别（1、2、3 或 A、B、C），并选择相同级别的活塞。

注：活塞和活塞销可以视为总成来维修。

（2）重复使用缸体时

1）用量缸表测量缸径。

2）通过测量结果与“活塞选择表”的缸体内直径的值对比来确定缸径级别。

3）选择相同级别的活塞。

四、活塞的安装方法

奇瑞 A5 轿车 2.0L 发动机活塞的安装方法见表 8-2。

表 8-2　活塞的安装方法

步骤	安装方法	图　　示
1	将活塞销上及活塞销孔内涂上机油，将活塞与连杆用活塞销连接，装上活塞销卡簧	

（续）

步骤	安装方法	图　　示
2	装上活塞环。按照下刮片、油环衬环、上刮片、第二道气环、第一道气环的顺序依次将各道环装在活塞上；装配各道气环时注意活塞环的方向，有“TOP”字样的向上。 将两只刮片与衬环错开一定角度，衬环接口处尖角指向活塞顶部，第一道环、第二道环与上刮片互成 120°或 90°	
3	将连杆上轴瓦和连杆装在一起。 注意：轴瓦上的缺口要和连杆上的缺口对齐	
4	将发动机气缸内涂上机油，用专用工具抱住活塞环，用木柄轻敲活塞头部，将活塞连杆总成装入。 注意：连杆上有点的一方应朝向发动机的 1 缸方向，而且要和活塞顶面上的箭头方向一致	

（续）

步骤	安装方法	图　　示
5	将连杆下轴瓦和连杆盖装在一起，并在轴瓦内表面涂抹机油。 注意：轴瓦上的缺口要和连杆上的缺口对齐	
6	扣上连杆盖，拧紧螺栓 力矩：(25±3) N·m，然后再紧固 90°±5°	
7	装上机油集滤器	
8	装上油底壳	
9	装上缸盖	
10	重新对好发动机正时	
11	装上正时带	

五、连杆和曲轴轴向间隙的检查（本田飞度）

1）因机油泵安装在曲轴上，需先拆下机油泵。

2）如图 8-10 所示，用塞尺测量连杆和曲轴之间的连杆轴向间隙。

3）如果连杆轴向间隙超出维修极限（0.40mm），则安装新的连杆并重新检查。如果仍然超出维修极限，则更换曲轴。

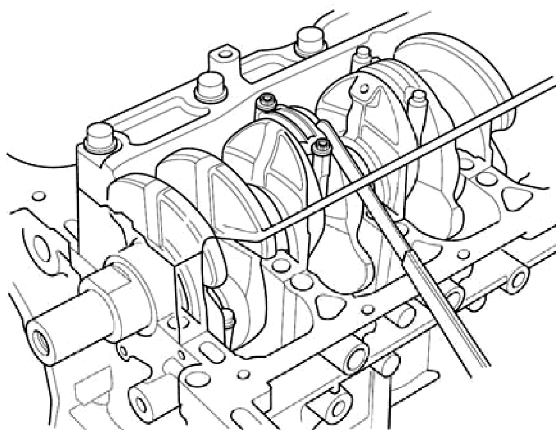


图 8-10　测量连杆轴向间隙

4）如图 8-11 所示，将曲轴完全推离百分表，使百分表顶住曲轴端部并调零。然后将曲轴完全拉向百分表，百分表的读数不能超出维修极限（0.45mm）。

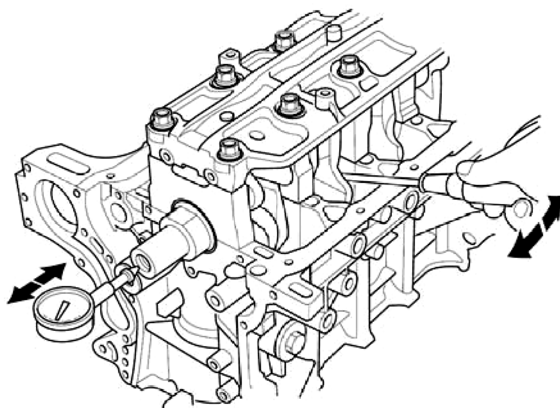


图 8-11　测量曲轴轴向间隙

5）如果轴向间隙超出维修极限，则更换止推垫圈（止推轴承）并重新检查，如果仍然超出维修极限，则更换曲轴。

六、曲轴和活塞的拆卸

1）拆下发动机。

2）拆下变速器。手动变速器车型：拆下压盘、离合器盘和飞轮。自动变速器车型：拆下飞轮。

3）拆下曲轴位置（CKP）传感器盖，然后断开 CKP 传感器插接器。

4）拆下线束盖、油底壳、机油泵和气缸盖。

5）按图 8-12 所示的顺序拆下轴承盖螺栓。为避免翘曲，每次以 1/3 圈依次旋松螺栓。重复这一过程直到松开所有螺栓。

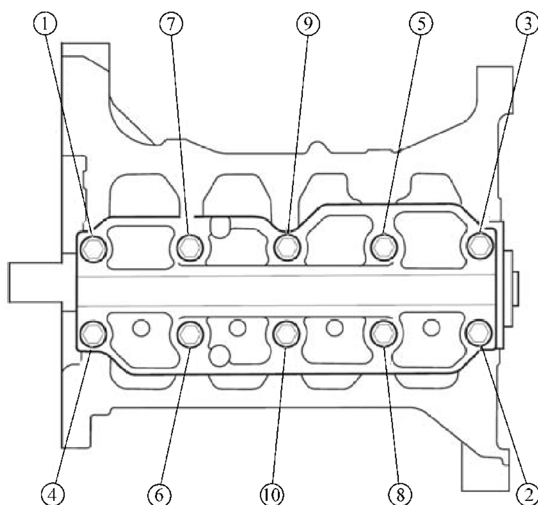


图 8-12　拆卸轴承盖座

6）拆下轴承盖座。

7）拆下连杆盖、轴瓦。按次序保存所有的轴承盖、轴瓦。

8）将曲轴 A 从发动机中提出，小心不要损坏轴颈和 CKP 脉冲板 B，如图 8-13 所示。

9）拆下 CKP 脉冲板。

10）将上轴瓦从连杆上拆下，并将其与各自的轴承盖放在一边。

11）如果各气缸顶部周围有金属凸起或积炭，则用铰刀去除，如图 8-14 所示。

12）如图 8-15 所示，使用锤子 A 的木柄推出活塞/连杆总成 B，小心不要让连杆损坏气缸。

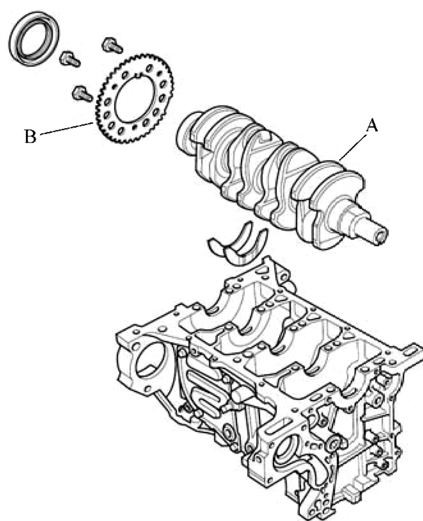


图 8-13　拆卸曲轴和 CKP 脉冲板

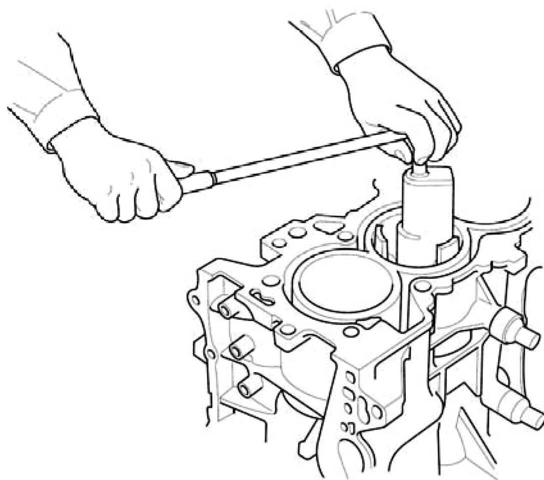


图 8-14　用铰刀去除积炭

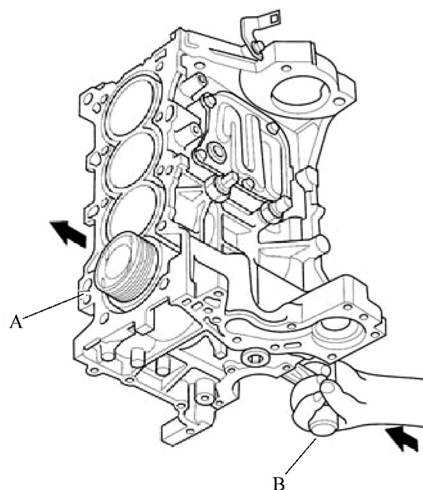


图 8-15　推出活塞/连杆总成

13）以正确的顺序将轴承盖座和轴承重新安装到发动机上。

14）拆下每个活塞/连杆总成后，重新安装连杆轴瓦和轴瓦盖。

15）用各自的气缸号给每个活塞/连杆总成做标记，确保它们能以原来的顺序重复使用。

注意：连杆上现有的数字不是表示它在发动机内的位置，而是表示连杆孔尺寸。

七、曲轴的检查

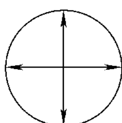
（1）圆度和锥度的检查

1）将曲轴从发动机气缸体上拆下。

2）用管道清理器或合适的刷子清理曲轴机油通道。

3）清洁键槽和螺纹。

4）如图 8-16 所示，在每个连杆和主轴颈中部的两处测量圆度，每个轴颈测量结果的差值不能超出维修极限（0.01mm）。



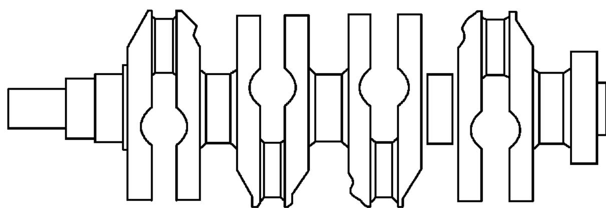


图 8-16　测量曲轴的圆度和锥度

5）在每个连杆和主轴颈的边缘测量锥度，每个轴颈测量结果的差值不能超出维修极限（0.01mm）。

（2）曲轴径向跳动量的检查

1）将发动机气缸体置于平面上，曲轴侧朝上。

2）清理并安装发动机气缸体 1 号和 5 号轴颈上的轴承。

3）将曲轴降到发动机气缸体内。

4）测量所有主轴颈的径向跳动量，如图 8-17 所示。将曲轴旋转两圈，每个轴颈测量结果的差值不能超出维修极限（0.04mm）。

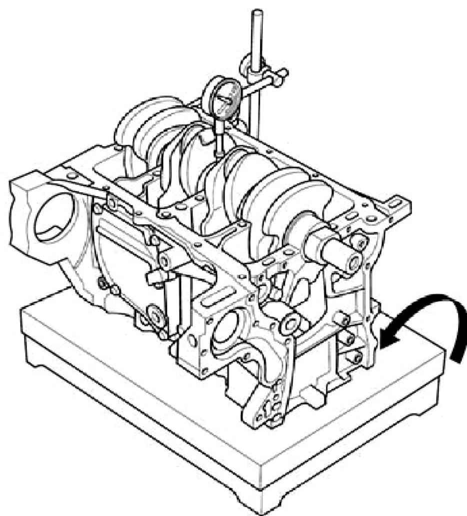


图 8-17　测量曲轴的跳动量

八、活塞环的更换

1）将活塞从发动机气缸体上拆下。

2）使用活塞环扩张器 A 拆下旧的活塞环 B，如图 8-18 所示。

3）用一个直角断裂的环或一个带刮片可适应活塞环槽的环槽清理器彻底地清理所有环槽。如有必要，锉平刮片。第一道气环和第二道气环槽宽 1.0mm，油环槽宽 2.0mm。不要用钢丝刷清理环槽，或用清理工具深切环槽。

4）用活塞从底部将新的环 A 推入缸孔 15 ~20mm，如图 8-19 所示。

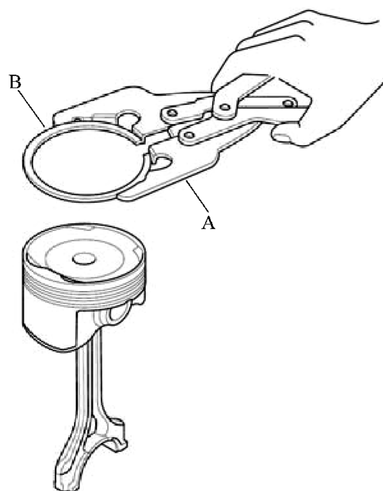


图 8-18　拆下活塞环

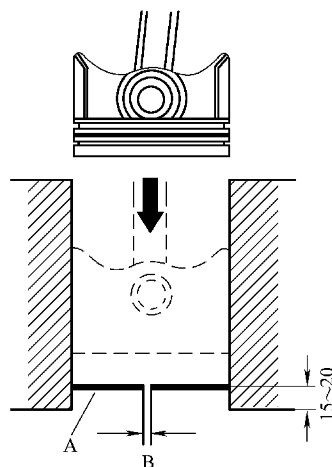
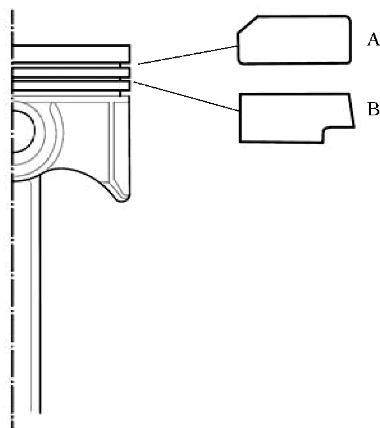


图 8-19　测量活塞环端隙

5）用塞尺测量活塞环端隙 B：如果端隙过小，检查发动机使用的活塞环是否正确；如果端隙过大，对照磨损极限，重新检查气缸孔直径。如果缸径超出了维修极限，必须重镗发动机气缸体。

6）如图 8-20 所示，安装第一道气环和第二道气环。第一道气环 A 有标记 R，第二道气环 B 有标记 2R。制造标记 C 必须朝上。



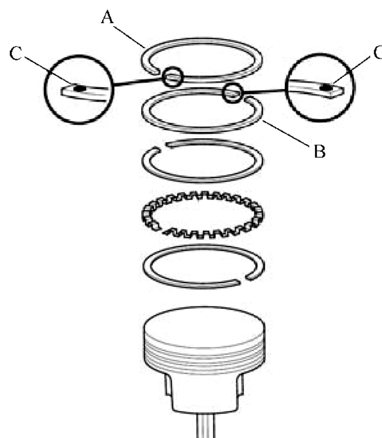


图 8-20　安装气环

7）在活塞环槽内旋转活塞环，确保活塞环不卡滞。

8）如图 8-21 所示定位活塞环开口位置。

9）安装一组新活塞环后，测量活塞环到环槽的间隙，如图 8-22 所示。

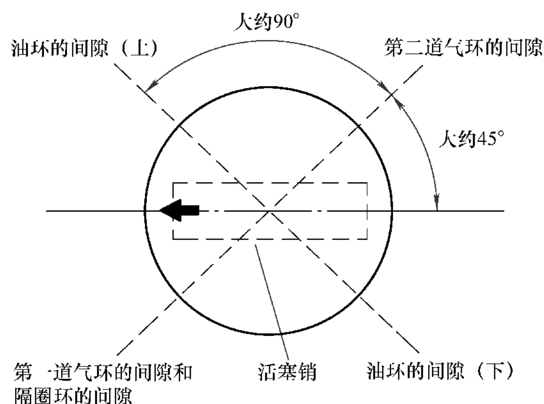


图 8-21　活塞环开口位置

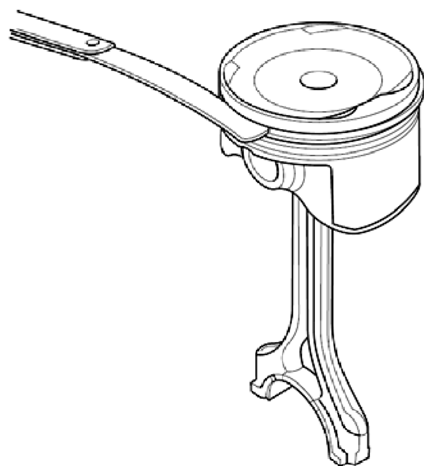


图 8-22　测量活塞环间隙

九、曲轴的安装

1）在发动机气缸体和连杆上安装轴瓦。

2）在主轴瓦和连杆轴瓦上涂抹一层新的机油。

3）如图 8-23 所示，将曲轴位置（CKP）脉冲片 A 安装在曲轴 B 上，将标记侧 C 背对曲轴放置，并将 CKP 脉冲片上的凸舌 D 与曲轴上的环槽 E 对齐。

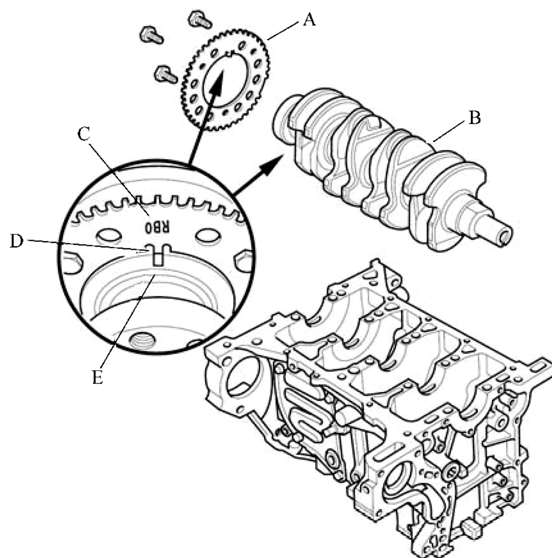


图 8-23　安装曲轴位置脉冲片

4）紧握曲轴以使2号连杆轴颈和3号连杆轴颈直立向上，然后将曲轴降低放入发动机气缸体内。

5）在止推垫圈的表面涂抹新的机油，将止推垫圈A安装到发动机气缸体的4号轴颈上，如图8-24所示。

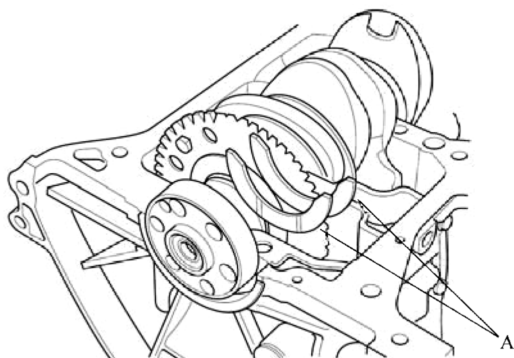


图8-24　安装止推垫圈

6）检查连杆螺栓。

7）将新的机油涂抹到连杆螺栓的螺纹和突缘上。

8）将连杆轴颈置于1号连杆和4号连杆中。对准连杆和盖上的标记A，然后安装连杆盖并用手拧紧螺栓，如图8-25所示。

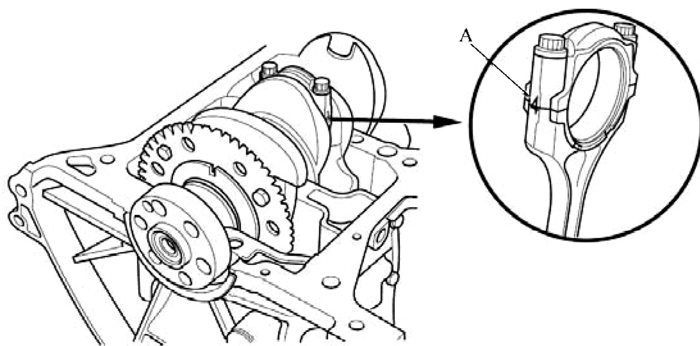


图8-25　安装连杆盖

9）顺时针旋转曲轴，将轴颈置于2号连杆和3号连杆中。对准连杆和盖上的标记，然后安装连杆盖并用手拧紧螺栓。

10）紧固连杆螺栓至9.8N·m，然后再紧固连杆螺栓90°。

11）安装轴承盖，将箭头朝向轴承盖座凸轮轴链条侧。

12）将所有旧的密封胶从轴承盖座/5号轴承盖接合面上清除。

13）清理并风干轴承盖座/5号轴承盖接合面。

14）在轴承盖座/5号轴承盖的发动机气缸体接合面上涂抹密封胶。

15）将轴承盖座放在发动机气缸体上。

16）将机油涂抹到轴承盖螺栓的螺纹和凸缘上。

17）按图 8-26 所示的顺序将轴承盖螺栓紧固至 25N·m。

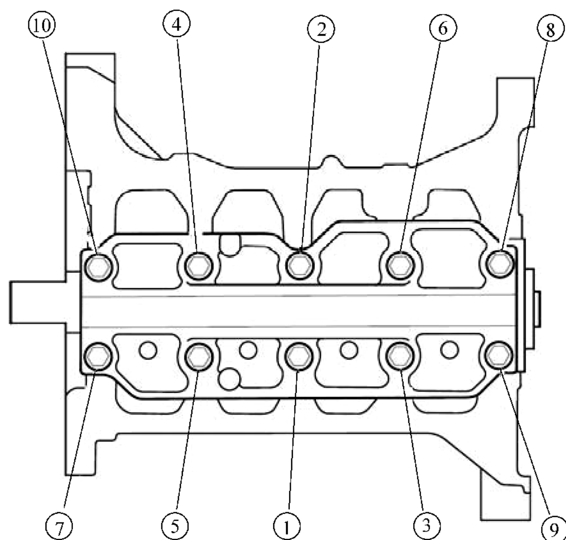


图 8-26　拧紧轴承盖螺栓

18）紧固轴承盖螺栓 40°。

19）清除发动机缸体上多余的密封胶。

20）使用图 8-27 所示的专用工具将新的油封敲入缸体至规定的安装高度。

21）测量曲轴 A 和油封 B 之间的距离，如图 8-28 所示。

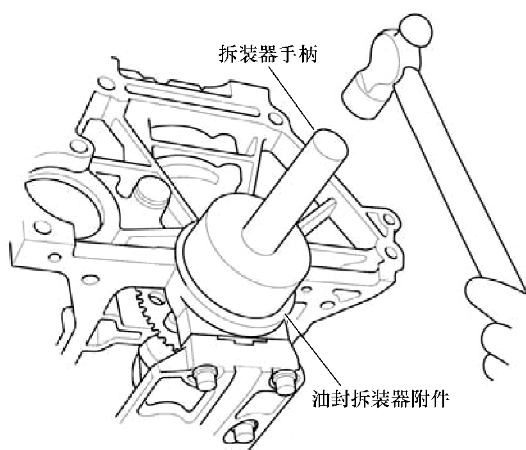


图 8-27　安装曲轴油封

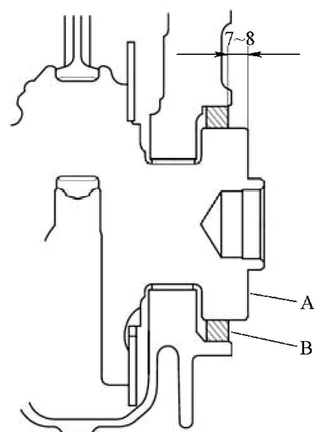


图 8-28　曲轴与油封之间的距离

22）安装气缸盖。

23）安装机油泵。

24）安装油底壳。



你学会了吗?

1. 曲柄连杆机构的作用是什么，由哪些部分组成?
2. 活塞是由________、________、________和________构成的。
3. 连杆是由________、________和________构成的。
4. 发动机缸体和曲轴上的选配标记有哪些?
5. 连杆轴瓦是根据________和________来选择的。
6. 曲轴主轴承（轴瓦）是根据________和________来选择的。

第 9 天

平衡轴装置

学习目标

1. 了解发动机平衡轴装置的作用和布置形式。
2. 学会拆卸和安装平衡轴正时链。
3. 学会拆卸和安装平衡轴。

基础知识

发动机运转时，内部的运动机件（如活塞连杆组）的高速运动，在除上、下止点位置外，各种惯性力不能被完全平衡，使发动机产生了振动。为了消除振动，采用的方法有很多，例如采用轻质的活塞减少运动件的质量，提高曲轴的刚度，采用 60°夹角的 V 形对称布置发动机等。但在发动机上普遍采用的方式是增加一个平衡轴来解决。简单说平衡轴其实就是一个装有偏心重块并随曲轴同步旋转的轴，利用偏心重块所产生的反向振动力，使发动机获得良好的平衡效果，降低发动机振动和噪声，延长发动机使用寿命。

汽车发动机上常采用双平衡轴布置方式。平衡轴安装在平衡轴箱中，采用链条和链轮带动一根平衡轴转动，然后两平衡轴之间再通过齿轮啮合传动。其中一根平衡轴与发动机的转速相同，以消除发动机的一阶振动；另一根平衡轴的转速是发动机转速的 2 倍，以消除发动机的二阶振动，从而达到理想减振效果。还有一种主要的双平衡轴布置方式，就是两个平衡轴与气缸中心线成角度对称布置，旋转方向相反，转速是发动机（曲轴）转速的 2 倍，用以平衡发动机的二阶往复惯性力。

大众途观 EA888 发动机的平衡轴装置如图 9-1 所示。4 缸发动机在转速为 4000r/min 及以上时会发生振动并且振动会被传送至车身上，它会产生令人不舒适的轰鸣声。这个振动是由第二惯性定力产生的。

这些振动被两根安装了平衡块和以两倍发动机转速并且以相反方向旋转的平衡轴抵消。第一根平衡轴的旋转方向与发动机相同，第二根平衡轴的旋转方向由于进气侧的一个惰轮而换向。平衡轴的垂直交错方式也能降低不需要的二级力矩，它们以交变力矩的形

式作用在发动机的纵向轴线上。

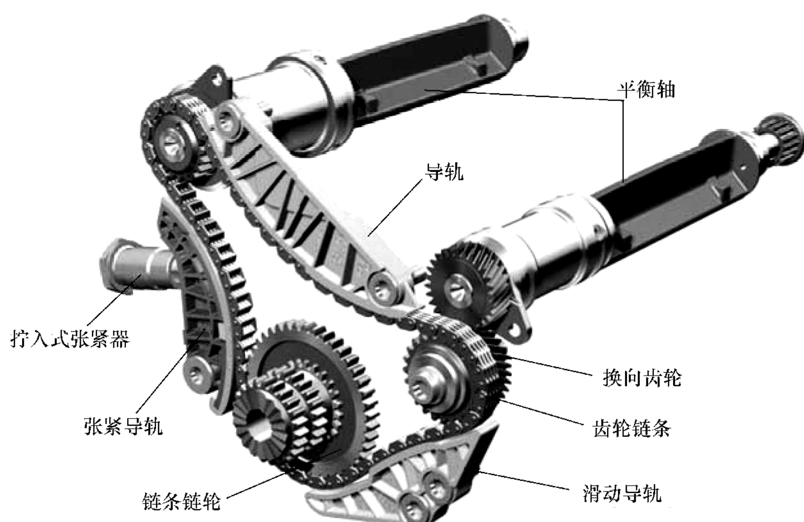
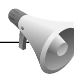


图 9-1　大众 EA888 发动机平衡轴结构

平衡轴用螺栓固定在曲轴箱中，使曲轴箱的结构更加坚固；同时，通过转动平衡轴而使得部件旋转产生的机油泡沫远离了油底壳。

平衡轴由 3 个轴承支撑，所有的轴承位置的润滑都由机油润滑循环系统提供。链条的润滑是由气缸盖上的回流机油以飞溅润滑方式润滑的。



特别提示

发动机的振动频率和发动机转速相同的称为一阶振动，频率是发动机转速 2 倍的称为二阶振动。依次类推，还存在三阶、四阶振动。但振动频率越高，振幅就越小，二阶以上可以忽略不计。



实际操作

一、大众 EA888 发动机平衡轴装置的维修

1. 拆卸和安装平衡轴正时链

1）拆卸凸轮轴正时链。

2）旋出平衡轴正时链的链条张紧器螺栓 1，如图 9-2 所示。

3）旋出导向螺栓 2、3 和 4。

4）取下平衡轴正时链。

5）旋转中间链轮/进气凸轮轴的平衡轴，使进气凸轮轴平衡轴上的标记位于中间链轮上的标记之间，如图 9-3 箭头所示。

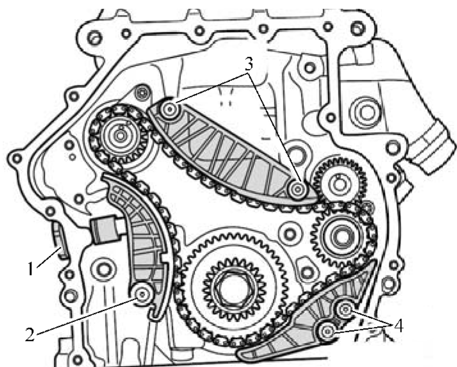


图 9-2 拆卸平衡轴正时链

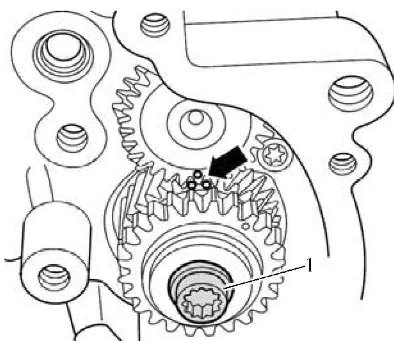


图 9-3 对齐平衡轴标记

6）安装平衡轴正时链，使平衡轴正时链上的有色链节分别对准曲轴链轮上的标记和进/排气凸轮轴平衡轴链轮上的标记，如图 9-4 箭头所示。

7）安装平衡轴正时链的导向夹板，旋入导向螺栓 4、3 和 2 固定，如图 9-2 所示。

8）安装链条张紧器 1。

9）再次检查中间链轮/进气凸轮轴的平衡轴上的标记是否如图 9-3 所示对齐。

10）再次检查平衡轴正时链的标记是否如图 9-4 所示对齐。

11）其余的安装以拆卸的相反顺序进行。

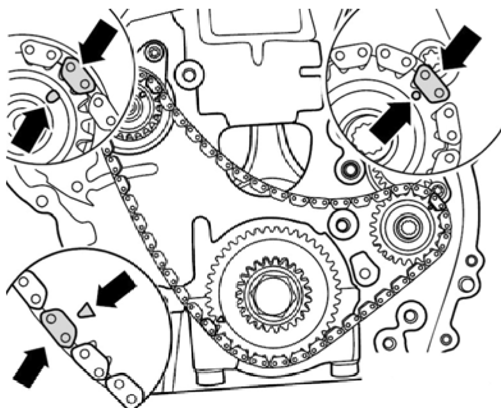


图 9-4 对齐正时链与链轮上的标记

2. 拆卸和安装平衡轴

1）拆下冷却液泵的齿形带。

2）拆卸平衡轴正时链。

3）拧下螺栓 1 并拆下中间轴齿轮，如图 9-5 所示。

4）如图 9-6 所示，旋出螺栓 2，取下进气凸轮轴的平衡轴。

5）旋出螺栓 1，取下排气凸轮轴的平衡轴。

6）用机油浸润进气凸轮轴的平衡轴轴承。

7）安装进气凸轮轴的平衡轴并拧紧螺栓 2，如图 9-6 所示。

8）更换 O 形圈 1，用机油浸润新的 O 形圈。

9）用机油浸润轴承销。图 9-7 箭头所示的定位销必须插入气缸体的孔中。

10）进气凸轮轴的平衡轴上的标记必须位于新中间链轮上的标记（图 9-8 箭头）之间。

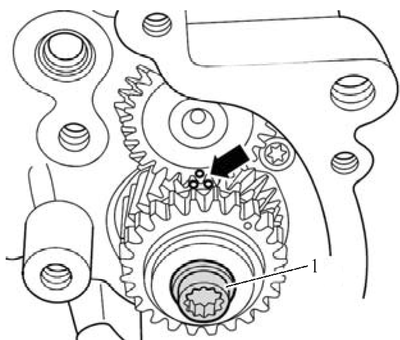


图 9-5　拆下中间轴齿轮

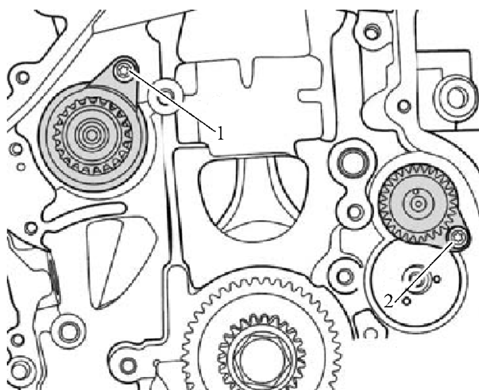


图 9-6　取下两侧平衡轴

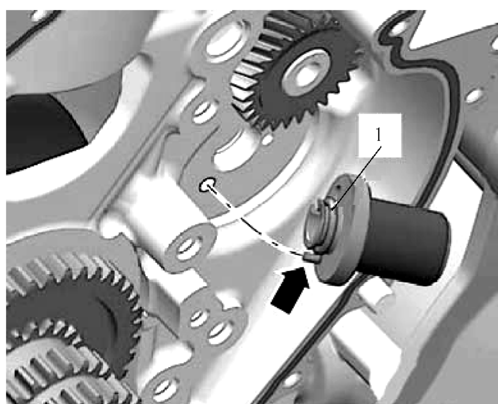


图 9-7　安装轴承销

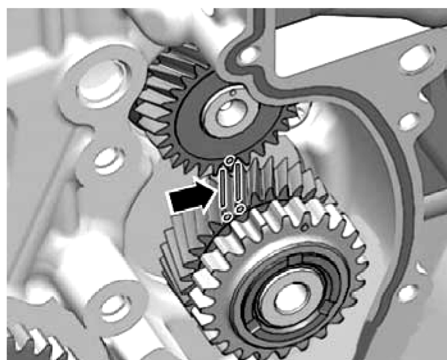


图 9-8　对齐平衡轴与中间链轮标记

11）拧紧中间链轮的新螺栓 1，如图 9-5 所示。按照下列步骤拧紧：

① 用扭力扳手预紧至 10N · m。

② 旋转中间链轮。中间链轮不允许有间隙。否则，须再次松开并拧紧。

③ 用扭力扳手拧紧至 30N · m。

④ 继续用硬杆扳手旋转 90°拧紧。

12）再次检查中间链轮/进气凸轮轴的平衡轴上的标记（图 9-5 箭头）。

13）检查平衡轴管的安装位置：如果平衡轴管头部的凸起部位不在安装凹槽中，将钩子插入平衡轴管的孔中（图 9-9 箭头所示），并沿箭头方向拉出平衡轴管。

14）沿图 9-10 箭头所示方向将平衡轴管头部的凸起部位装入凹槽中（箭头）。

15）用机油浸润排气凸轮轴的平衡轴轴承。

16）安装排气凸轮轴的平衡轴并拧紧螺栓 1，如图 9-6 所示。

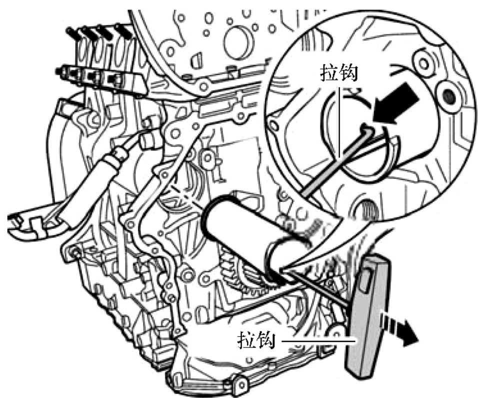


图 9-9　检查平衡轴管安装位置

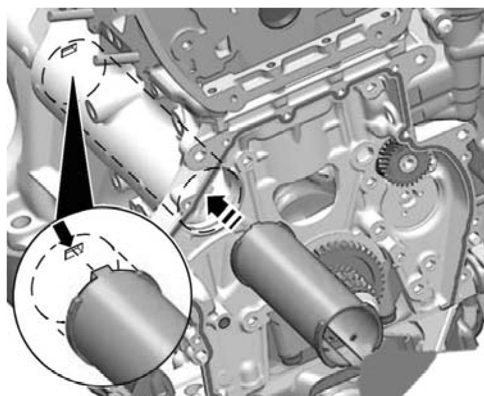


图 9-10　安装平衡轴管

17）安装平衡轴正时链。

二、三菱 4B12 发动机平衡轴装置的维修

1. 平衡轴和机油泵模块的拆卸

1）顺时针转动曲轴，将平衡轴链轮的正时标记与平衡轴和机油泵模块的正时标记对齐，然后将第 1 缸或第 4 缸设置为压缩上止点，如图 9-11 所示。

2）在平衡轴链轮的正时标记和平衡器正时链上做上油漆标记。

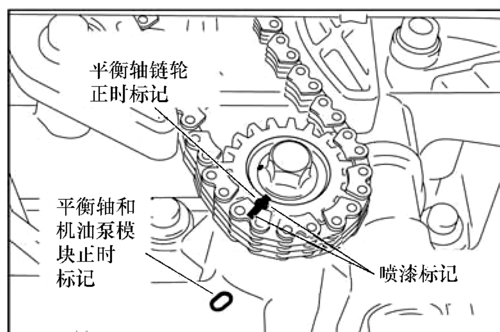


图 9-11　对齐平衡轴正时标记

3）将平衡器正时链压向正时链张紧器，压缩正时链张紧器的柱塞，然后将 L 形高碳钢丝（直径 1.5mm 的钢丝）或 L 形六角扳手从正时链条室以下插入到正时链张紧器的柱塞定位孔中，然后固定正时链张紧器的柱塞，如图 9-12 所示。

4）使用扳手拆下如图 9-13 所示的平衡器正时链导向件下侧的固定螺栓，从而使平衡器正时链导向件不受任何限制。

5）用手撑起平衡轴和机油泵模块，然后拆下平衡轴和机油泵模块的固定螺栓。

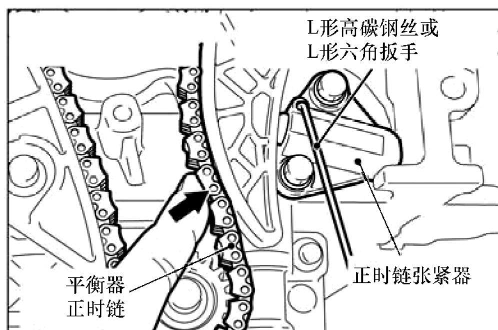


图 9-12　固定正时链张紧器的柱塞

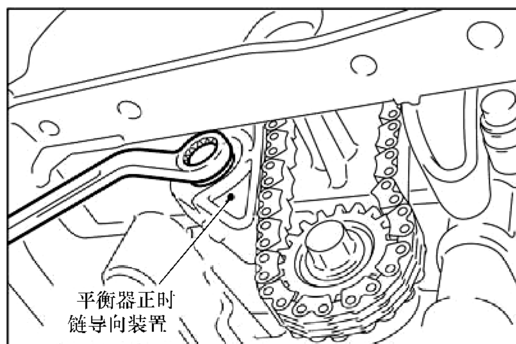


图 9-13　拆下正时链导向件下侧螺栓

6）从固定有平衡器正时链的橡胶框架上拆下平衡轴和机油泵模块，然后将其移至发动机中央，如图 9-14 所示。

7）从平衡轴和机油泵模块上拆下平衡器正时链，然后拆下平衡轴和机油泵模块。

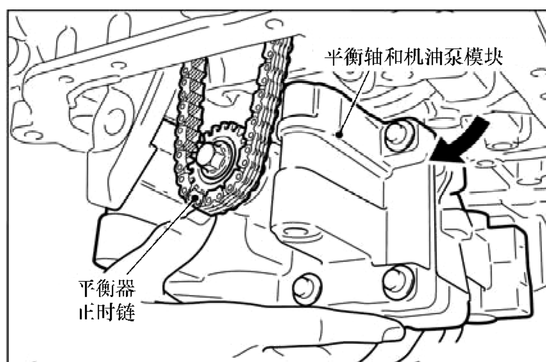


图 9-14　拆下平衡轴和机油泵模块

8）拆下平衡轴和机油泵模块以后，使用电缆绑带将平衡器正时链绑在图 9-15 所示的凸起部分，以避免平衡器正时链从曲轴链轮上发生跳齿。

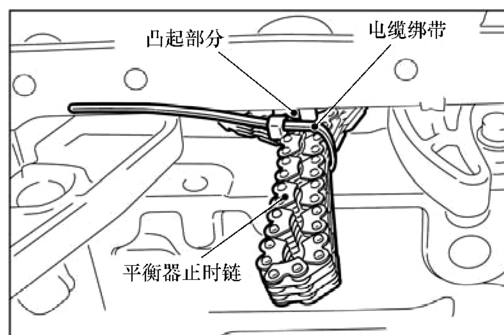


图 9-15　绑住平衡器正时链

2. 平衡轴和机油泵模块的安装

1）当安装新的平衡轴和机油泵模块时，如下所述将机油涂抹到平衡轴和机油泵模块中的机油泵以及平衡轴的轴承上。

① 清洁拆下的发动机油底壳的内侧，然后将平衡轴和机油泵模块放入发动机油底壳中，并使其进油孔朝上，如图9-16所示。

② 倒入新的机油，直至平衡轴和机油泵模块的2/3浸入其中。

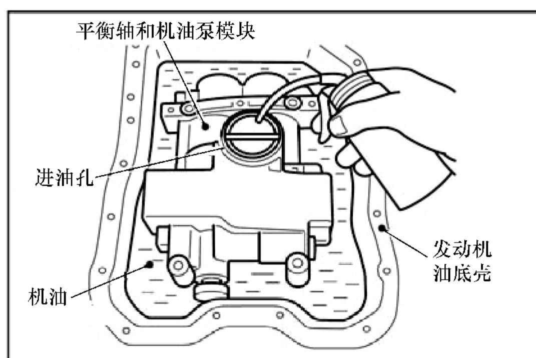


图9-16　润滑新的平衡轴和机油泵模块

③ 从进油孔将机油注入平衡轴和机油泵模块中。

④ 顺时针转动平衡轴和机油泵模块的平衡轴链轮不少于4圈，从而将机油涂抹到机油泵和平衡轴轴承的所有表面上。

2）从平衡器正时链上拆下用于避免平衡器正时链从曲轴链轮上发生跳齿的电缆绑带。

3）为了避免平衡器正时链发生跳齿，使平衡轴链轮的油漆标记（新的平衡轴和机油泵模块的正时标记）与平衡器正时链的油漆标记对齐，将平衡轴链轮安装到平衡器正时链上，如图9-17所示。

4）使平衡器正时链的油漆标记与平衡轴链轮的油漆标记（新的平衡轴和机油泵模块的正时标记）对齐，将平衡轴和机油泵模块安装到舵架上。安全地放入平衡轴和机油泵模块并触及舵架装配区域。

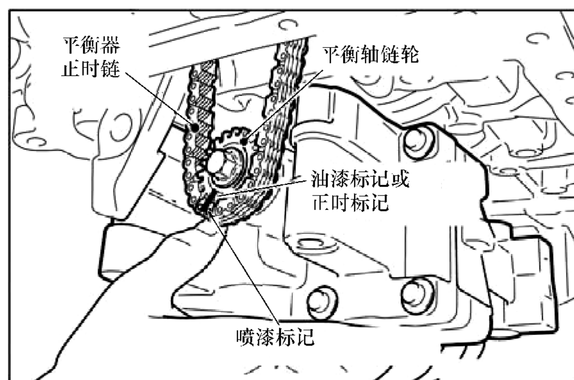


图9-17　对齐平衡轴正时标记

5）将最少量的足量机油涂抹到平衡轴和机油泵模块固定螺栓的螺纹和轴承表面上。

6）按照图9-18所示的编号顺序将平衡轴和机油泵模块的固定螺栓拧紧至规定力矩（20N·m）。

7）按照图示的编号顺序再次将平衡轴和机油泵模块的固定螺栓拧紧至规定力矩（44N·m）。

8）按照与图中相反的顺序，完全松开平衡轴机油泵模块的固定螺栓。

9）按照图示的编号顺序再次将平衡轴和机油泵模块的固定螺栓拧紧至规定力矩（20N·m）。

10）在拧紧至规定力矩后，按照图示的编号顺序，使用专用工具角度规将平衡轴和机油泵模块的各固定螺栓拧紧至135°。

11）将平衡器正时链下侧的固定螺栓拧紧至标准力矩（10N·m±2N·m）。

12）如图9-19所示，将正时链张紧器上的L形高碳钢丝或L形六角扳手拆下以释放张紧器柱塞。

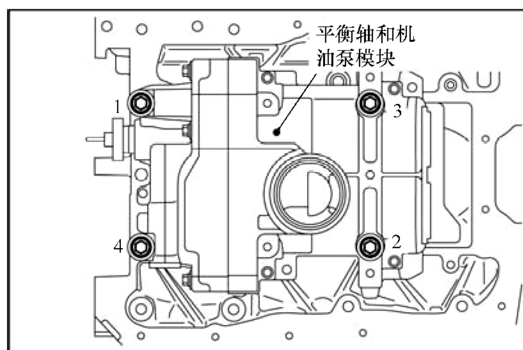


图9-18　螺栓拧紧顺序

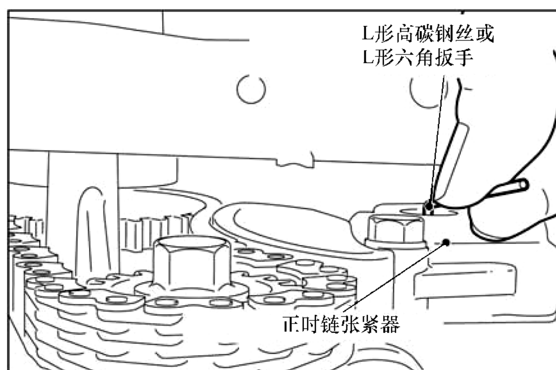


图9-19　释放张紧器柱塞



你学会了吗?

1. 发动机平衡轴装置起什么作用? 常见的平衡轴布置形式是怎样的?
2. 拆卸平衡轴正时链之前通常需要先拆下________。
3. 怎样拆卸和安装平衡轴正时链?
4. 怎样拆卸和安装平衡轴?

第 10 天

配 气 机 构

学习目标

1. 了解配气机构的作用和结构组成。
2. 了解配气机构的工作原理和气门间隙的作用。
3. 了解配气机构的类型。
4. 学会发动机气门间隙的检查与调整方法。
5. 掌握正时带和正时链条的更换方法。
6. 学习凸轮轴的拆装与检修方法。
7. 学习气门机构的拆装与检修方法。

基础知识

一、配气机构的作用和组成

配气机构的作用是根据发动机工作次序和各缸工作循环的要求，定时开启和关闭进、排气门，在进气行程使可燃混合气（汽油机）或空气（柴油机）进入气缸，在排气行程将燃烧后的废气排出气缸。

如图 10-1 所示，配气机构通常由气门组和气门传动组两部分组成。

（1）气门组　如图 10-2 所示，气门组由进、排气门，气门导管，气门座及气门弹簧等零件组成。气门组件的作用是控制发动机气缸的进、排气，保证对气缸的可靠性密封。因此，要求气门头部与气门座贴合严密，气门弹簧的弹力保证气门关闭时紧压在气门座上。

（2）气门传动组　气门传动组由正时带或正时链条、凸轮轴、摇臂轴、摇臂、推杆、挺柱和正时齿轮等组成。气门传动组的作用是控制进、排气门按配气相位要求的时刻开闭，且保证有足够的开度。

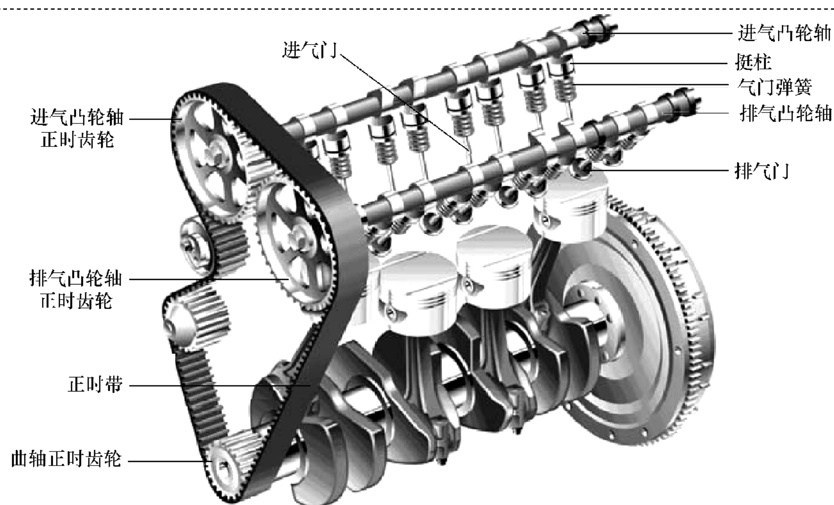


图 10-1　配气机构的组成

二、配气机构的工作原理

配气机构的工作原理如图 10-3 所示。曲轴通过正时齿轮驱动凸轮轴旋转，当凸轮的凸起部分顶起挺柱时，挺柱推动推杆一起上行，作用于摇臂上的推动力驱使摇臂绕轴转动，摇臂的另一端压缩气门弹簧使气门下行，气门打开。随着凸轮轴的继续转动，当凸轮的凸起部分离开挺柱时，气门便在气门弹簧弹力的作用下上行，气门关闭。顶置式凸轮轴配气机构不带推杆，由凸轮直接驱动摇臂或气门挺柱来打开气门。

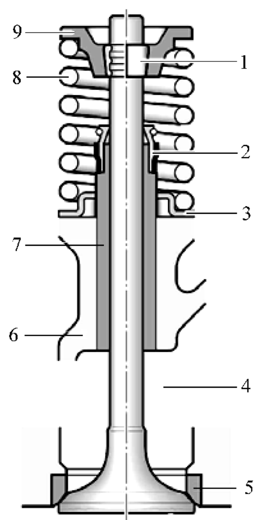


图 10-2　气门组部件

1—气门锁夹　2—气门油封　3—下气门弹簧座
4—换气通道　5—气门座圈　6—气缸盖
7—气门导管　8—气门弹簧　9—上气门弹簧座

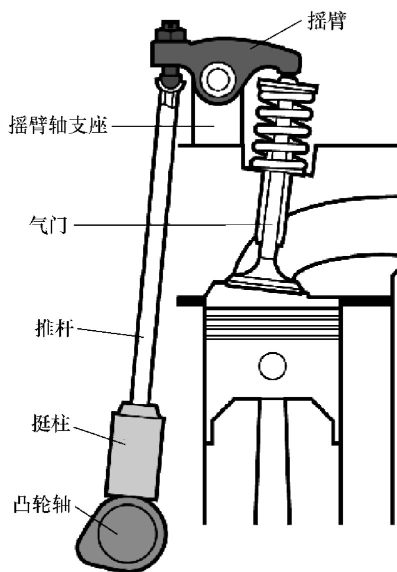


图 10-3　配气机构的工作原理

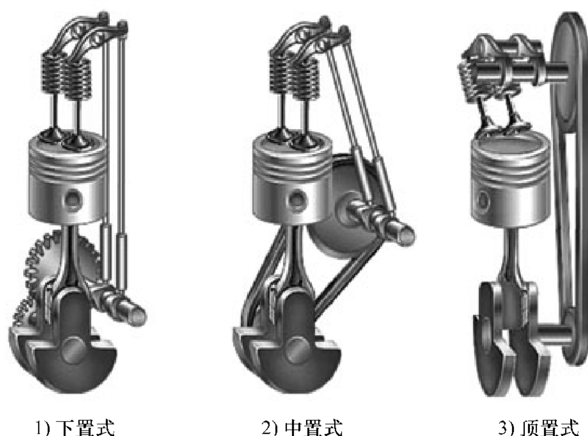
发动机工作时，气门及其传动件将因温度升高而膨胀。如果气门及其传动件之间，在冷态时无间隙或间隙过小，则在热态下，气门及其传动件受热膨胀必然会引起气门关闭不严，造成发动机在压缩和做功行程中漏气，功率下降。为了消除这种现象，通常在发动机冷态装配时，在气门杆的尾端与其传动机构的摇臂或挺柱间留有适当间隙，以补偿气门受热后的膨胀量。这一间隙称为气门间隙。如果间隙过小，热态下会导致漏气，发动机功率下降；如果间隙过大，会使传动零件之间以及气门和气门座之间产生撞击，产生异响。

三、配气机构的类型

汽车发动机采用气门式配气机构，用气门的开闭来控制气缸的进、排气量。配气机构的类型多种多样，其分类方法如下：

1）按照气门布置形式的不同，可分为侧置气门式和顶置气门式。

2）按照凸轮轴布置形式的不同可分为下置式、中置式和顶置式，如图 10-4 所示。现在的汽油发动机通常采用顶置式凸轮轴，以简化配气结构，减轻发动机重量，同时提高气门传动效率，降低发动机工作噪声。



1) 下置式　　2) 中置式　　3) 顶置式

图 10-4　凸轮轴的布置方式

3）按照发动机每缸气门数量的不同可分为二气门、三气门、四气门、五气门配气机构，每缸超过二气门的发动机称为多气门发动机。多气门使发动机的进气面积增大，进气量变大，发动机更容易实现高转速、高功率输出。

四、凸轮轴的传动方式

1. 正时带传动

如图 10-5 所示，用来驱动凸轮轴转动的正时带为齿形带，曲轴通过正时带的带齿来驱动凸轮轴。正时带由张紧轮张紧，以提供合适的松紧度。纤维增强塑料制成的正时齿带重量轻，用其驱动凸轮轴可降低运转噪声，特别适合于高转速发动机。

2. 正时链条传动

由于链条的磨损极小，使用寿命长，越来越多的发动机采用了正时链条传动方式。如图 10-6 所示，曲轴链轮通过正时链条带动凸轮轴链轮转动，进而按时打开或关闭气门。链条通常利用液压链条张紧器拉紧，张紧器由机油压力控制。链条另外还受导轨导引，以减少链条振动和噪声。曲轴链轮、凸轮轴链轮和正时链条上通常有正时标记，发动机使用前必须先对齐正时，才能正常工作。

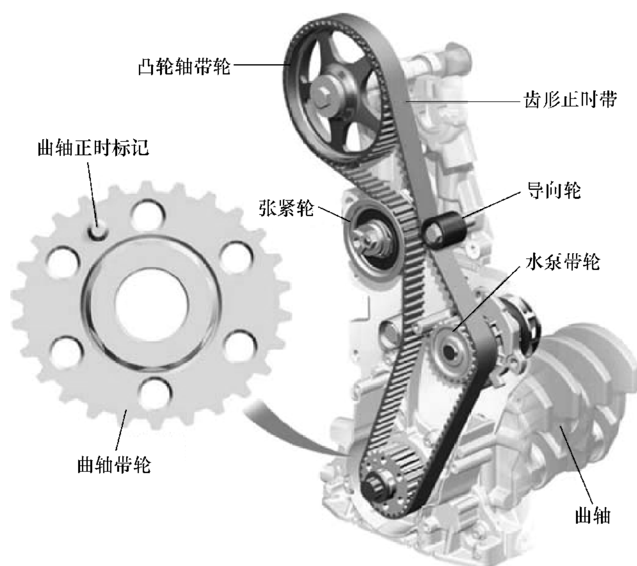


图 10-5　正时带传动

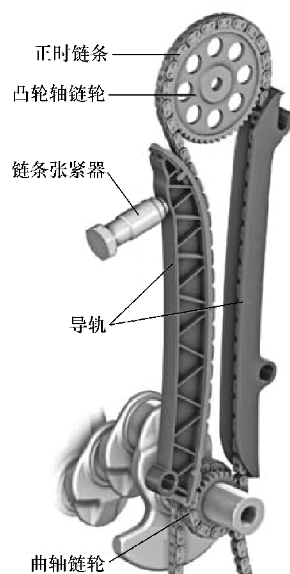


图 10-6　正时链条传动

发动机工作时，曲轴通过链条或齿形带驱动凸轮轴旋转。但不论采用哪种传动方式，曲轴和凸轮轴间的传动比必须保证为 2∶1。



实际操作

一、气门间隙的检查

各缸气门间隙的检查与调整顺序是一致的，气门的操作顺序参见调整方法。

1）转动曲轴将一号气缸活塞转到压缩上止点位置。将曲轴带轮正时标记和正时链条盖正时标记对准，以便使一号气缸的进气门和排气门同时关闭。

2）气门关闭时，测量凸轮和气门挺柱之间的间隙。

3）如图 10-7 所示，在间隙中插入一个塞尺，并且在塞尺以最小的阻力被径直拉出时，读出塞尺上的厚度值。

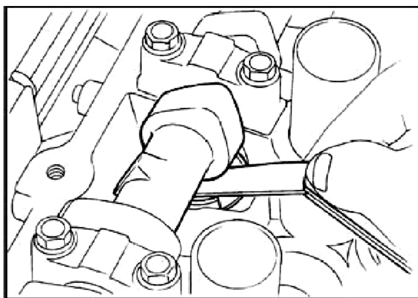


图 10-7　测量气门间隙

4）转动曲轴一周后再次停留在活塞上止点位置，测量其他气门的间隙。

二、气门间隙的调整

1. 逐缸调整法

转动曲轴至 1 缸压缩终了，调整 1 缸的进、排气门。然后摇转曲轴，按点火顺序使下一缸达到压缩终了，再调整这一缸的进、排气门，依次类推，逐缸调整完毕。例如，四缸机的调整顺序为 1 –3 –4 –2。

2. 两次调整法

在实际维修中，普遍采用两次调整法调整气门间隙。即第 1 缸压缩终了上止点时，调整所有气门的半数，再摇转曲轴一周，便可调整其余半数气门，两次即调整完毕。例如，四缸发动机第一次调整的气门如图 10-8a 所示，第二次调整的气门如图 10-8b 所示。

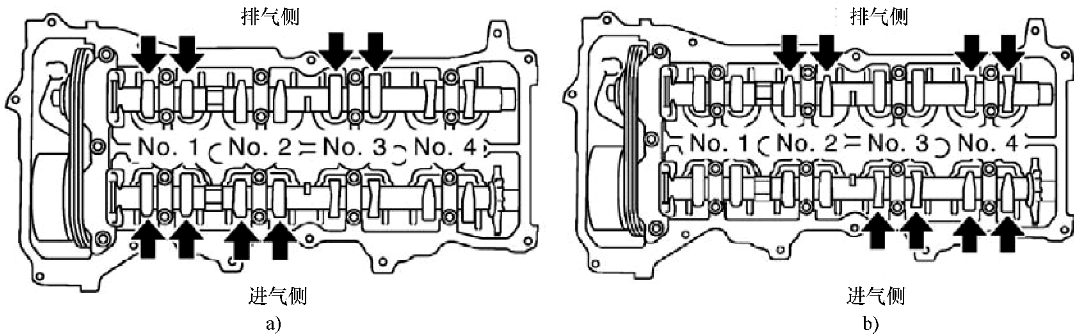


图 10-8　气门的两次调整法

对于上述气门间隙检查类型的发动机，其气门间隙的调整方法有两种类型：一种是更换气门挺杆，另一种是更换调整垫片。根据气门结构的不同，其调整方式如图 10-9 所示。

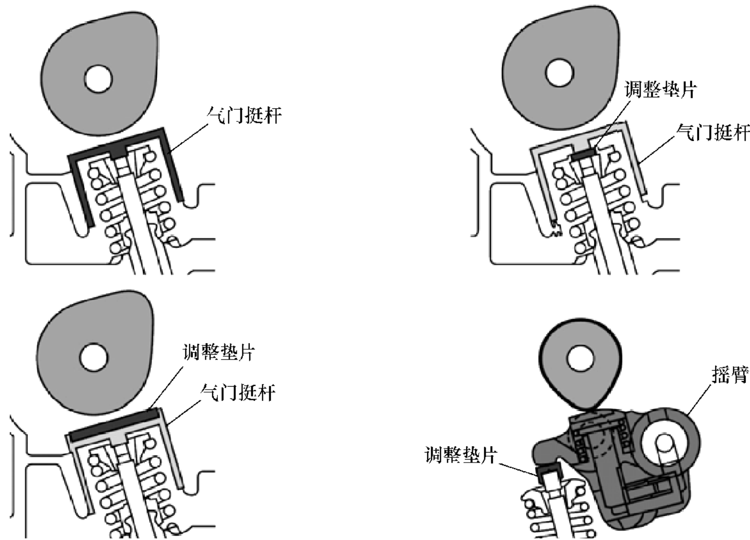


图 10-9　气门间隙调整类型

有调整螺钉和气门摇臂机构的发动机是通过转动安装在摇臂上的调整螺钉来调整气门间隙的。具体操作方法如图 10-10 所示，先旋松锁紧螺母，用厚度符合规定间隙的塞尺插入气门杆端面与摇臂之间，同时旋转调整螺钉，直至拉动塞尺感到稍有阻力，最后用锁紧螺母锁紧调整螺钉。调整完毕后，应再次测量气门间隙，如仍不合规定则需重新调整。

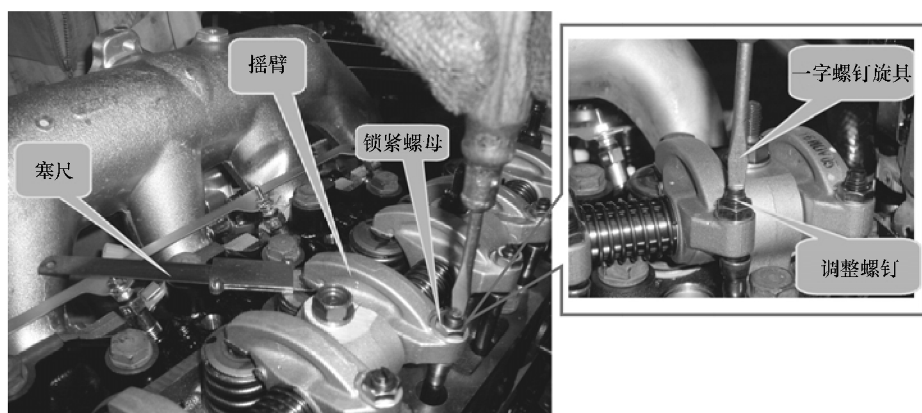


图 10-10　气门间隙的调整

三、正时带的更换

随着发动机工作时间的增加，正时带会发生磨损或老化。因此，凡是装有正时带的发动机，都应定期更换正时带。别克凯越轿车的正时带的更换方法如下：

1）升起车辆，拆下靠近传动带一侧的车轮（一般是右前轮）。

2）再卸下同侧底盘上的护板以露出发动机外侧驱动带。

3）拆下发动机外侧的辅助驱动带，如发电机驱动带、压缩机驱动带，如图 10-11 所示。



图 10-11　拆下辅助驱动带

4）拆下体积较大的空气滤清器。

5）拆下正时带盖板（护板）后就露出了正时带，如图 10-12 和图 10-13 所示。



图 10-12　拆下正时带盖板



图 10-13　旧的正时带

6）顺时针转动曲轴至 1 缸上止点，对齐正时标记。

7）释放正时带张紧力，拆下正时带张紧轮，如图 10-14 所示。

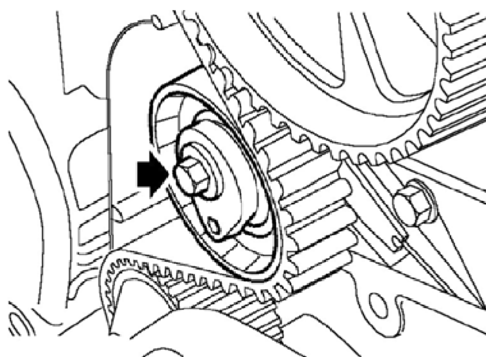


图 10-14　拆下正时带张紧轮

8）取下正时带，然后更换新的正时带。

9）取下正时带后最好不要单独转动凸轮轴或曲轴，否则，在更换正时带之前，一定要将正时齿轮上的正时标记对齐。

10）将正时带绕在各种“轮”上，按顺序安装。

11）安装正时带张紧轮，张紧正时带。

12）其他步骤按照与拆卸相反的顺序进行。

四、正时链条的更换（马自达3）

1. 正时链条拆卸方法

1）顺时针旋转曲轴，将曲轴链轮的键槽与正时标记对齐，然后将1号气缸定位到TDC处，如图10-15所示。

2）对齐凸轮轴链轮上的正时标记，从而使它们形成一条直线，并且与气缸盖上表面对齐，如图10-16所示。

3）按如下方法拆下链条张紧器。

① 使用较薄的一字螺钉旋具向下推动正时链条张紧器的连接板，并且释放柱塞锁紧装置，如图10-17所示。

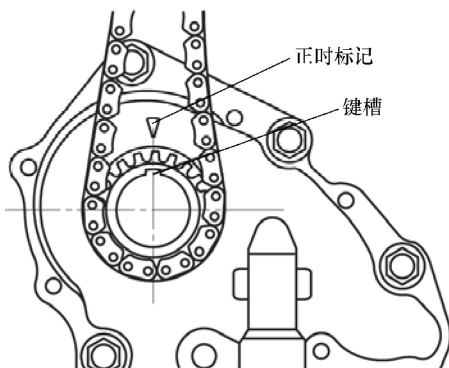


图10-15　对齐曲轴正时标记

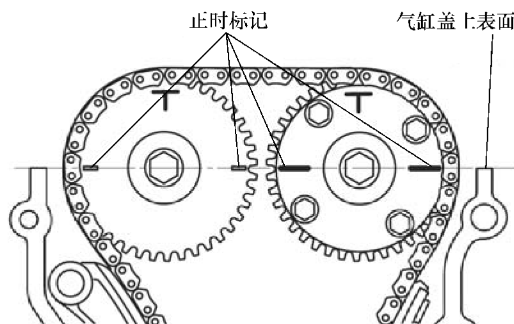


图10-16　对齐凸轮轴链轮正时标记

② 按照图10-18中所示的方向缓缓地向后推动柱塞，同时仍然将连接板向下推动。

③ 放开连接板，同时仍然压下柱塞。

④ 略微放松柱塞上的压力，使柱塞来回移动2～3mm。

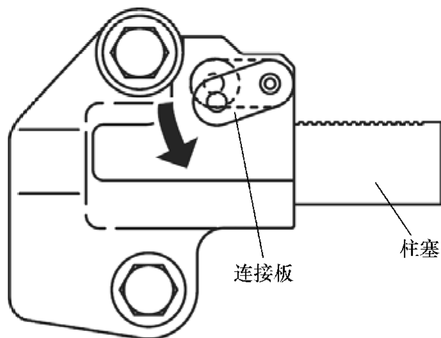


图10-17　释放柱塞锁紧装置

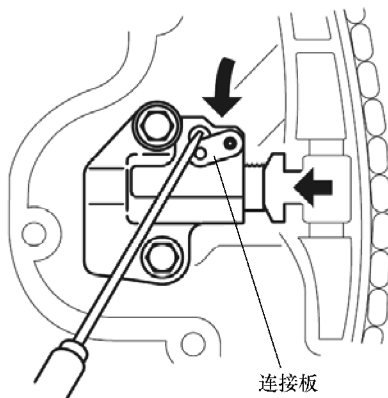


图10-18　推入柱塞

⑤ 在连接板孔和张紧器主体孔重叠的位置插入大约 1.5mm 厚的金属丝或纸夹，从而固定连接板，并锁定柱塞，如图 10-19 所示。

⑥ 拆下链条张紧器。

4）拆下链条张紧器臂和链条导板。

5）拆下正时链条。

2. 正时链条安装方法

1）将曲轴链轮的键槽与正时标记对齐，然后将 1 号气缸定位到 TDC 处，如图 10-20 所示。

2）对齐凸轮轴链轮上的正时标记，从而使它们形成一条直线，并且与气缸盖上表面对齐，如图 10-21 所示。

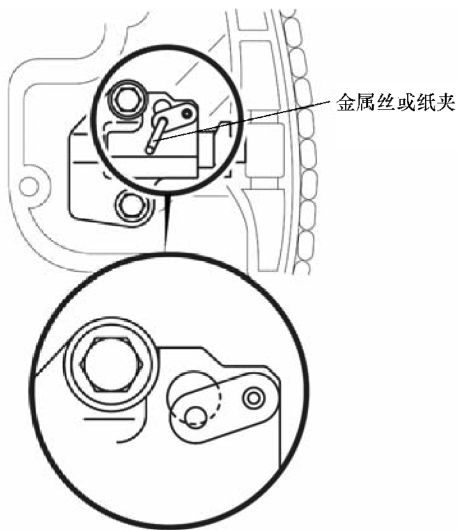


图 10-19　用金属丝锁定柱塞

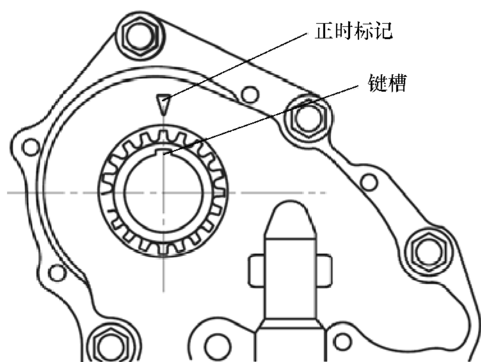


图 10-20　对齐曲轴正时标记

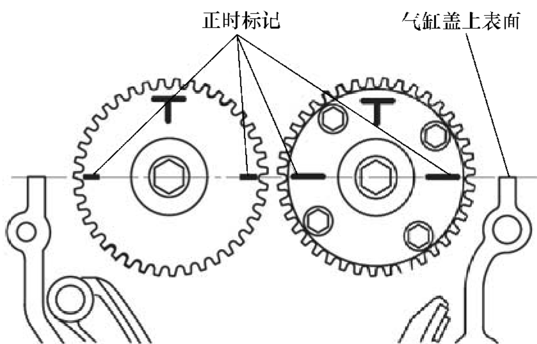


图 10-21　对齐凸轮轴链轮标记

3）安装正时链条。

4）安装链条张紧器臂和链条导板。

5）安装链条张紧器。

6）拆下被安装在链条张紧器上的金属丝或纸夹，并向正时链条施加张紧力。如果安装新的链条张紧器，则拆下已安装的止动器。

7）确认正时链条不存在松弛的情况，然后确认各链轮再次被定位在正确的位置。

8）将曲轴顺时针旋转两次，然后检查气门正时。

五、凸轮轴的拆装与检修（本田飞度）

1. 凸轮轴的拆卸

1）拆下空气滤清器壳体总成。

2）拆下进气歧管室。

3）将以下发动机线束插接器和线束夹从气缸盖上拆下：四个喷油器插接器、发动机冷却液温度传感器插接器、凸轮轴位置传感器插接器、空燃比传感器插接器、氧传感器插接器。

4）拆下线束托架安装螺栓和搭铁电缆，然后从支架上拆下线束托架。

5）拆下凸轮轴链轮。

6）拆下摇臂总成。

7）拆下凸轮轴位置传感器。

8）拆下凸轮轴止推盖 A，然后拆下凸轮轴 B，如图 10-22 所示。

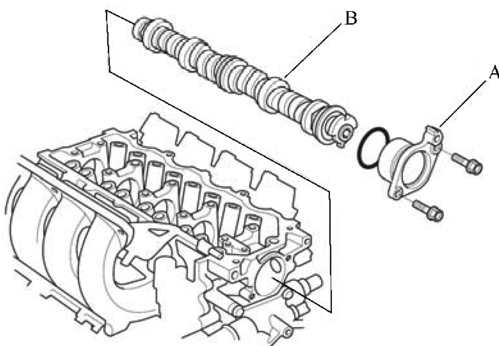


图 10-22　拆下凸轮轴

2. 凸轮轴的检查

1）拆下凸轮轴链轮。

2）拆下摇臂总成，然后拆解摇臂。

3）将摇臂轴支架座/摇臂轴支架放到气缸盖上，然后紧固螺栓至规定力矩。

4）将凸轮轴推向气缸盖的后部，以安装凸轮轴。

5）将百分表顶着凸轮轴的端部并调零。前后推动凸轮轴，并读取轴向间隙，如图 10-23 所示。如果轴向间隙超出维修极限（0.5mm），则更换止推盖并重新检查。如果仍然超出维修极限，则更换凸轮轴。

6）拆下凸轮轴。

7）将凸轮轴清洗干净，然后检查升程梯度。如果凸轮凸角有任何凹陷、刮痕或过度磨损，则更换凸轮轴。

8）测量各个凸轮轴轴颈的直径，如图 10-24 所示。

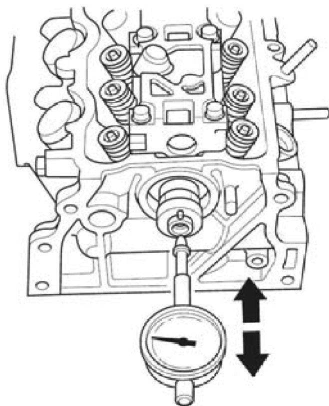


图 10-23　测量凸轮轴轴向间隙

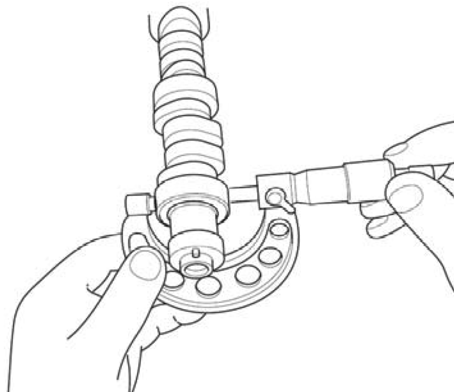


图 10-24　测量轴颈直径

9）将百分表初始测量值设定成轴颈的直径并调零。

10）清理气缸盖中的凸轮轴轴承表面。测量每个凸轮轴轴承表面的内径，并检查是否出现圆度超差的情况（维修极限：0.1mm），如图10-25所示。

11）如图10-26所示，检查支撑在V形块上的凸轮轴全跳动。如果凸轮轴的全跳动在维修极限内，则更换气缸盖。如果凸轮轴的全跳动超出维修极限（0.04mm），则更换凸轮轴并重新检查油膜间隙。如果油膜间隙仍然超出公差，则更换气缸盖。

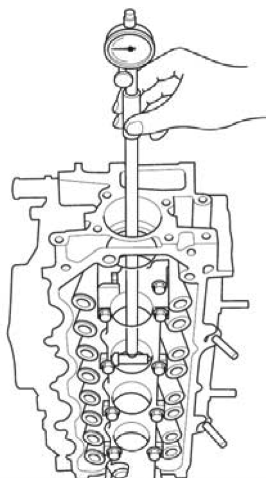


图10-25　测量轴承内径

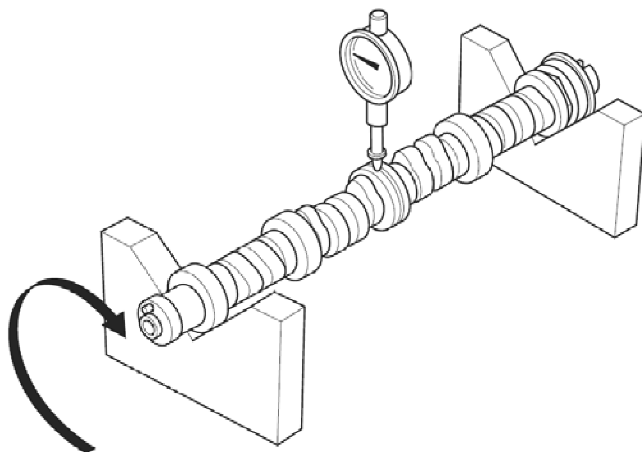


图10-26　测量凸轮轴跳动量

12）测量凸轮凸角高度。

3. 凸轮轴的安装

1）如图10-27所示，安装凸轮轴A，然后安装带新O形圈B的凸轮轴止推盖C。

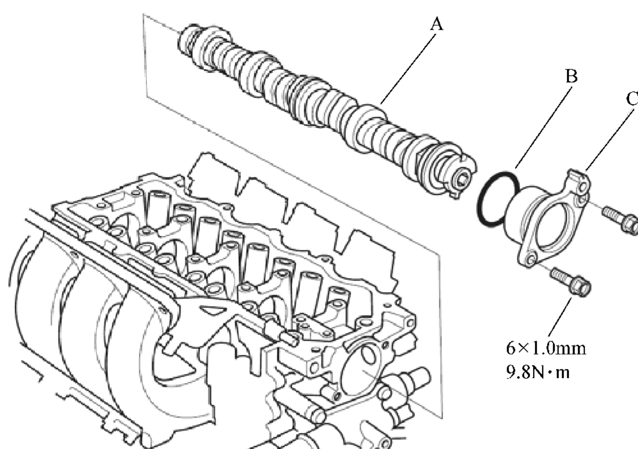


图10-27　安装凸轮轴

2）安装凸轮轴位置（CMP）传感器。
3）安装摇臂总成。
4）安装凸轮轴链轮。
5）安装线束托架，然后安装搭铁电缆。
6）将拆下的发动机线束插接器和线束夹安装到气缸盖上。
7）安装进气歧管室。
8）安装空气滤清器壳体总成。

六、气门组的拆装与检修（本田飞度）

1. 气门、气门弹簧和气门油封的拆卸

1）拆下气缸盖。
2）如图 10-28 所示，使用合适尺寸的套筒 A 和塑料棒 B，轻轻地敲击弹簧挡圈以松开气门弹簧座销。
3）安装如图 10-29 所示的气门弹簧压缩器。压缩弹簧，并拆下气门弹簧座销。

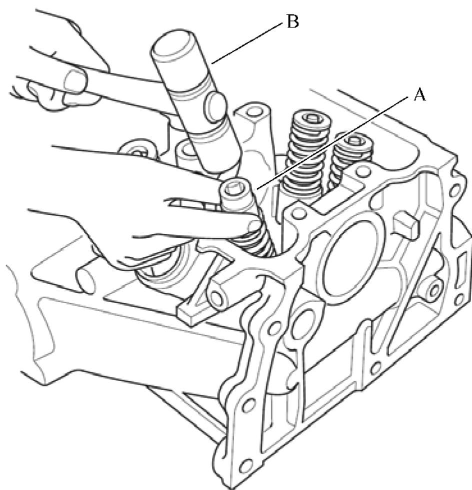


图 10-28　敲击弹簧挡圈

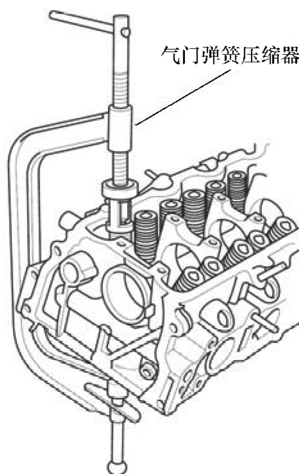


图 10-29　安装气门弹簧压缩器

4）拆下气门弹簧压缩器，然后拆下弹簧挡圈、气门弹簧、气门密封件和气门弹簧座。
5）如图 10-30 所示，测量进、排气门的尺寸。

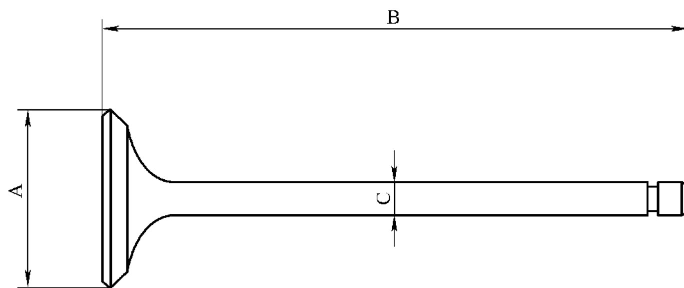


图 10-30　气门尺寸

A—气门头直径　B—气门长度　C—气门杆直径

2. 气门导管的更换

1）用如下方法检查气门杆至导管的间隙：

用千分尺测量的气门杆外径减去图 10-31 所示用内径千分尺或球形量规测量的气门导管内径。沿气门杆的三点和气门导管内的三点进行测量。导管最大测量值与气门杆最小测量值之间的差值不应超出维修极限。

进气门杆至导管的间隙维修极限：0.08mm

排气门杆至导管的间隙维修极限：0.11mm

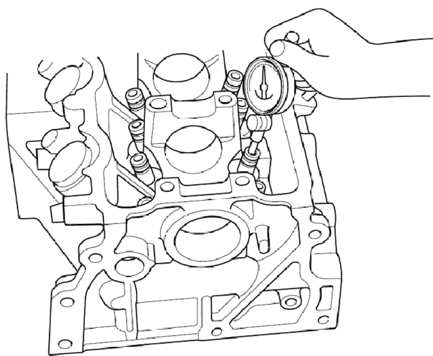


图 10-31　测量气门导管内径

2）如图 10-32 所示，改装通用的空气冲击气门导管拆装器 A 以适应气门导管直径。在大多数情况下，使用气门导管拆装器和常规的锤子能够完成同样的程序。

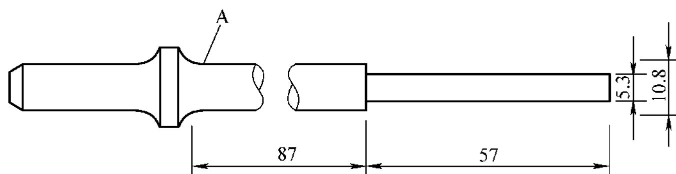


图 10-32　气门导管拆装器

3）选择合适的更换导管，并且在冰箱的冷冻室将其冷冻约 1h。

4）使用一个加热盘或烤箱将气缸盖均匀加热到 150℃。用烹饪温度计监测温度。不要使气缸盖的温度超过 150℃，多余的热量可能会使气门座松动。

5）从凸轮轴侧开始，使用气门导管拆装器和气锤来将导管向燃烧室移动约 2mm。这将除去一些积炭，并使拆卸更容易。将气锤直接与气门导管对准以防损坏拆装器。

6）将气缸盖翻转，并将气门导管朝气缸盖的凸轮轴侧敲下，如图 10-33 所示。

7）如果气门导管不能移动，则用一个 8mm 的钻头将其钻出，然后再试一次。仅在极端情况下才钻出导管；如果导管破裂则可能会损坏气缸盖。

8）一次一个将新的导管从冷冻室中取出。

9）在新气门导管的外侧，涂抹一薄层新的机油。从气缸盖的凸轮轴侧安装导管；使用气门导管拆装器将导管压至导管 B 规定的安装高度 A，如图 10-34 所示。如果要安装所有的导管，可能需要重新加热气缸盖。

气门导管的安装高度：15.85～16.35mm

10）将切削油涂抹到铰刀和气门导管上。

11）将铰刀顺时针旋转至彻底达到气门导管孔的深度，如图 10-35 所示。

12）将铰刀从气门导管孔移出时，继续顺时针旋转铰刀。

13）在清洁剂和水中彻底清洗导管，以清除所有切屑。

14）用气门检查间隙。确认气门能够在进气门和排气门导管中没有卡滞地滑动。

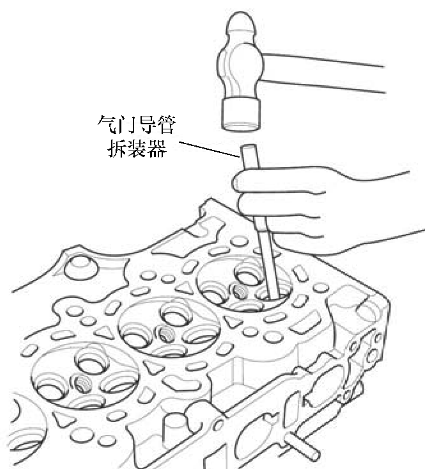


图 10-33　敲出气门导管

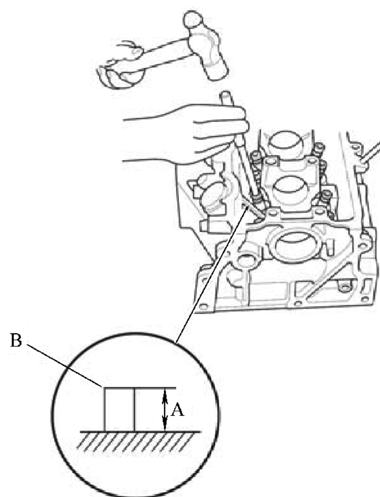


图 10-34　安装气门导管

15）检查气门座。如有必要，用气门座铰刀修复气门座。

3. 气门座的修理

1）检查气门杆至导管的间隙。如果气门导管磨损，则在铰削气门座前将其更换。

2）使用气门座铰刀修复气缸盖中的气门座，如图 10-36 所示。

3）小心地铰削一个 45°气门座，仅铰削最少量的金属并确保气门座平滑和同心。

4）如图 10-37 所示，使转角处上、下边缘成斜角。检查气门座的宽度并作相应的调整。

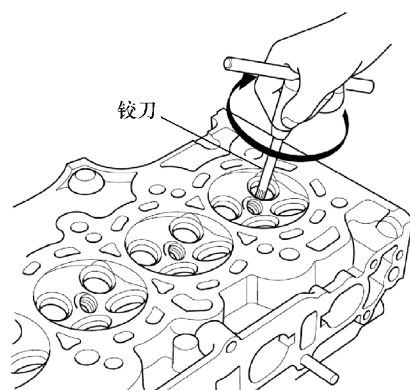


图 10-35　铰削气门导管

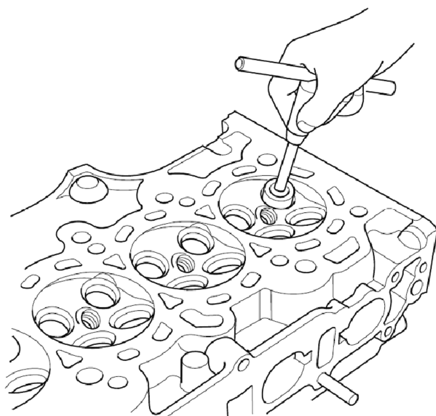


图 10-36　修复气门座

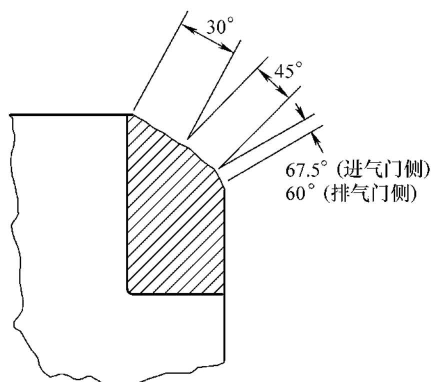


图 10-37　气门座铰削角度

5）用45°铰刀再进行一次轻微铰削，以清除其他铰刀可能产生的所有毛刺。

气门座宽度：进气：0.85～1.15mm；排气：1.25～1.55mm。

6）重新修整气门座后，检查气门座是否平滑：如图10-38所示，将普鲁士蓝复合膏A涂抹到气门锥面上，将气门插入气缸盖中原来的位置，然后提升气门数次并使其紧靠着气门座。

7）如蓝色复合膏所示，实际的气门座接合表面B应处于气门座的中心。

① 如果接合面太高（更靠近气门杆），必须用67.5°铰刀（进气）或60°铰刀（排气）进行第二次铰削以使其向下移动，然后用45°铰刀再一次铰削以恢复气门座宽度。

② 如果接合面太低（更靠近气门边缘），必须用30°铰刀进行第二次铰削以使其向上移动，然后用45°铰刀再一次铰削以恢复气门座宽度。

注意：最后一次铰削始终使用45°铰刀。

8）将进气门和排气门插入气缸盖，并测量气门杆的安装高度A，如图10-39所示。

进气门杆安装高度：46.1～46.5mm，维修极限：46.8mm。

排气门杆安装高度：46.2～46.6mm，维修极限：46.9mm。

9）如果气门杆安装高度超出维修极限，则更换气门并重新检查。如果气门杆安装高度仍超出维修极限，说明气门座在气缸盖内太深，需更换气缸盖。

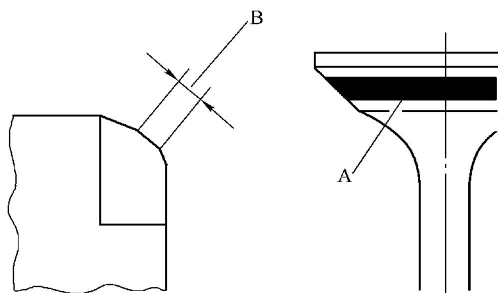


图10-38　检查气门与气门座的接合面

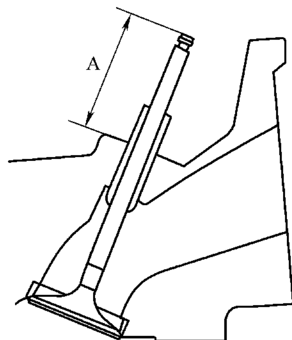


图10-39　气门杆安装高度

4. 气门、弹簧和气门油封的安装

1）在气门杆上涂抹一层新的机油，将气门安装到气门导管中。

2）检查并确认气门能够平稳地上、下移动。

3）将弹簧座安装在气缸盖上。

4）用气门油封安装工具安装新的气门油封，如图10-40所示。

注意：排气门油封C上的黑色弹簧D和进气门油封E上的白色弹簧F不能互换。

5）安装气门弹簧，将气门弹簧端部紧紧缠绕在气缸盖上。

6）安装气门座。

7）安装气门弹簧压缩器，压缩气门弹簧并安装气门弹簧座销，如图10-29所示。

8）如图 10-41 所示，用一个塑料棒 A 轻轻敲击各个气门杆端部三次，以确保气门和气门弹簧座销正确定位。仅允许沿着气门杆的轴线敲击气门杆，这样就不会弄弯气门杆。

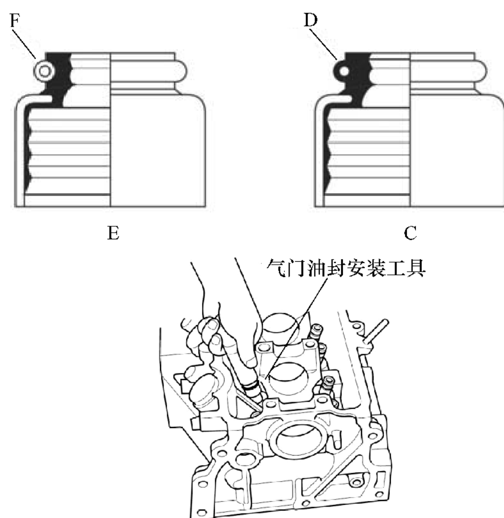


图 10-40　安装气门油封

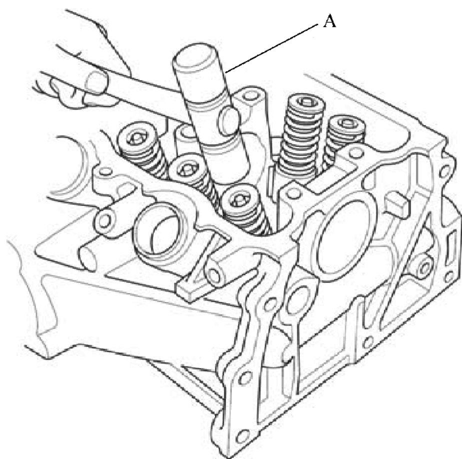
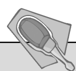


图 10-41　敲击各个气门杆端部



维修案例

捷达轿车发动机气门响，动力不足

故障现象：发动机怠速运转时，缸盖上部有“啪啪”清脆金属敲击声，高速运转时声音杂乱。

故障分析与排除：测量点火提前角为 8.5°，将其调整至正常值 6°，但异响依旧。检查机油油面正常。用手摸机油能感觉到机油太稀，黏度不够，检查机油压力，怠速时比正常值低 60kPa（0.6bar），怀疑是机油质量差，高温时黏度低，造成怠速时润滑系各部泄压较大，液压挺杆内不能建立足够油压，从而产生异响。更换机油后试车，响声比原来减小，运转一会儿后异响完全消失，动力性也恢复正常。



特别提示

① 机油压力、机油的质量和黏度对配气机构的影响很大，润滑不良，很容易引起气门传动机构的磨损，产生异响，如凸轮轴轴颈产生划痕、摇臂发出异响。

② 更换正时带时，先对齐曲轴正时齿轮和凸轮轴正时齿轮上的正时标记。



你学会了吗?

1. 配气机构通常由________和________两部分组成。
2. 配气机构是如何打开及关闭进、排气门的?
3. 什么叫气门间隙?气门间隙起什么作用?
4. 汽油发动机凸轮轴的传动方式包括________和________两种。
5. 怎样检查和调整四缸发动机的气门间隙?
6. 怎样更换发动机正时带?
7. 简述气门机构的拆装与检修方法。

第 11 天

发动机气门正时校对与调整

学习目标

1. 了解发动机气门正时的重要作用与本质关系。
2. 学习丰田 1NZ－FE/2NZ－FE 发动机的正时校对调整方法。
3. 学习本田 L15A/L13Z 系列发动机正时校对调整方法。

基础知识

发动机正时关系到发动机气门（进、排气）的开启时刻，点火和喷油时机，其本质是活塞的运行位置（上止点）与凸轮轴相位之间的对应关系。例如，丰田 1NZ－FE/2NZ－FE发动机曲轴与凸轮轴位置的对应关系如图 11-1 所示。大多数发动机正时系统的主要工作过程是：由曲轴通过链条或者传动带带动凸轮轴运转，通过凸轮工作面的旋转顶压气门挺杆，进而推动气门向气缸内运动，从而实现气门开启；在凸轮工作面旋转之后，气门会在气门弹簧的作用下回位，从而气门被关闭。

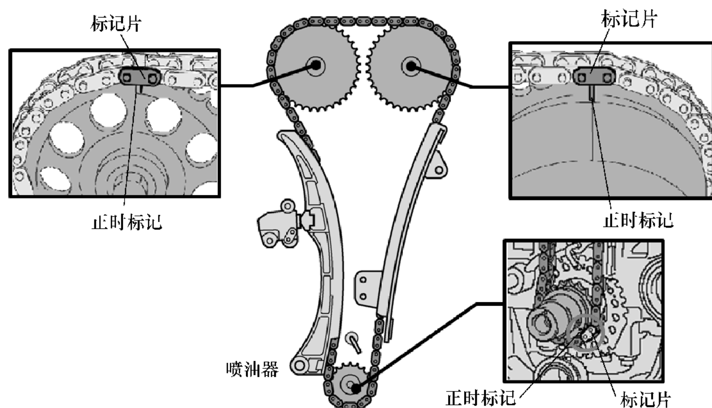


图 11-1　丰田 2NZ－FE 发动机正时标记

发动机的进气门在进气行程时开启，压缩行程时关闭；排气门在排气行程时开启，进气行程时结束。在进气行程时，发动机一边吸气一边通过喷油器喷射燃油，以便形成可燃混合气。当此缸的活塞运行到压缩上止点前某一位置，发动机将进行点火，点燃缸内的可燃混合气。如果没有进行正确的正时校对，发动机将难以正常运行。

汽油发动机的凸轮轴主要靠正时带和正时链条传动，随着发动机工作时间的增加，正时带和正时链条都会发生磨损或老化。因此，凡是装有正时带的发动机，都应在规定的周期内定期更换正时带，更换周期则因发动机的结构不同而有所不同，一般在车辆行驶到 6 万 ~10 万公里时应该更换。当对发动机大修时，不可避免地要对发动机正时装置进行拆卸。在拆下之后重新进行安装时，必须要对齐曲轴与凸轮轴之间的正时标记。



实际操作

一、丰田 1NZ－FE/2NZ－FE 发动机正时校对调整

1. 正时拆卸方法

1）断开蓄电池负极电缆。
2）拆下右前车轮。
3）拆卸发动机右前下盖。
4）放出机油。
5）放出发动机冷却液。
6）拆下 2 号气缸盖罩。
7）卸下风扇和发电机 V 带。
8）卸下发电机总成。
9）拆下 1 号点火线圈。
10）断开通风软管。
11）断开 2 号通风软管。
12）拆卸气缸盖罩分总成。
13）拆卸右前发动机安装绝缘器组件。
14）拆卸曲轴减振器总成。
15）拆下曲轴位置传感器。
16）拆卸凸轮轴正时机油控制阀总成。
17）拆卸水泵带轮。
18）拆卸水泵总成。
19）拆卸横置发动机的安装支架。
20）拆卸机油泵总成。
21）拆卸机油泵密封件。
22）按下列方法拆卸链条张紧器总成。

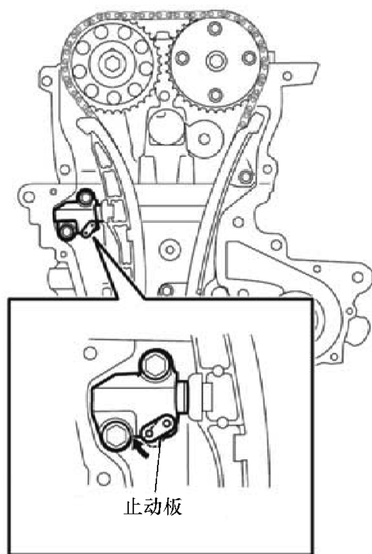


图 11-2　上拉止动板

① 向上拉止动板，并保持其解锁状态，如图 11-2 所示。

② 当张紧器的柱塞解锁时，将其推到底部，如图 11-3 所示。
③ 当柱塞被推到底部时，拉下止动板以锁止柱塞，如图 11-4 所示。

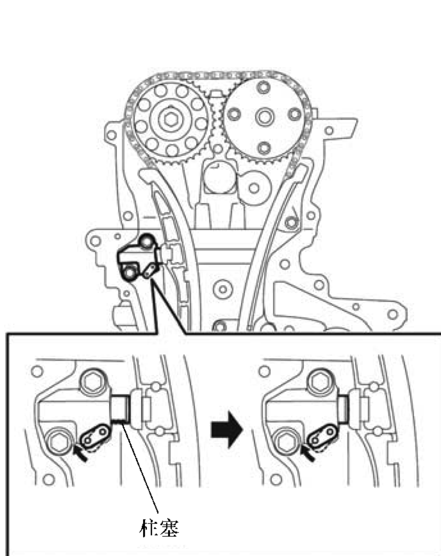


图 11-3　推动柱塞

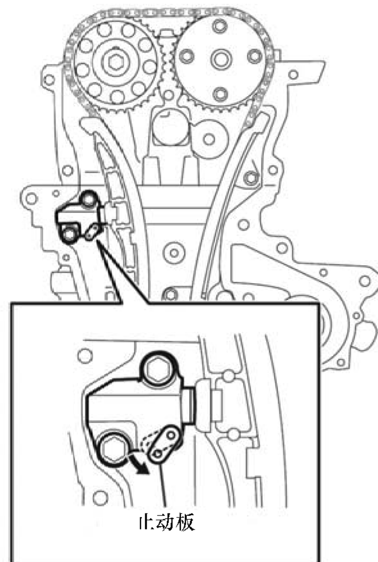


图 11-4　拉下止动板

④ 将直径为 3mm 的销插入止动板孔中以锁止柱塞，如图 11-5 所示。
⑤ 拆下两颗螺栓和链条张紧器，如图 11-6 所示。

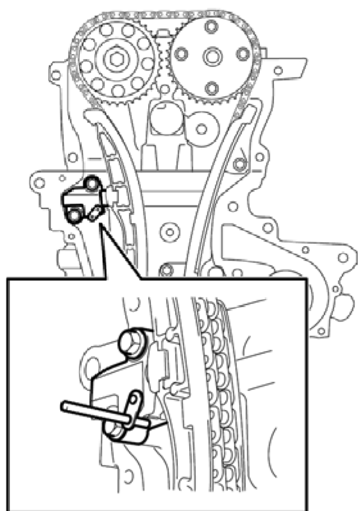


图 11-5　锁止柱塞

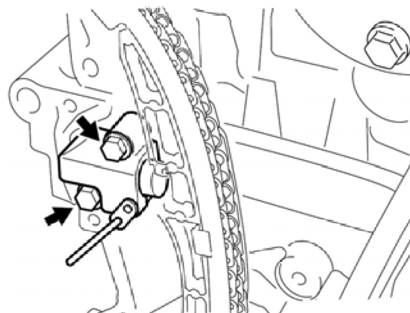


图 11-6　拆下链条张紧器

23）拆卸链条张紧器滑轨，如图 11-7 所示。
24）拆下 2 个螺栓和链条振动阻尼器，如图 11-8 所示。

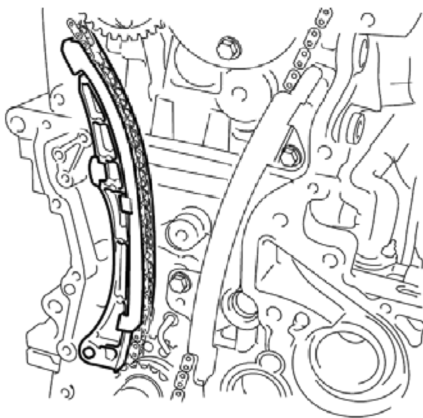


图 11-7　拆卸张紧器滑轨

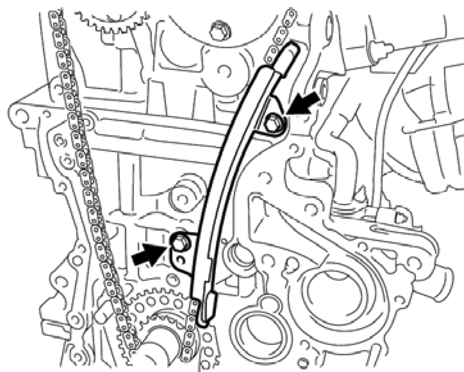


图 11-8　拆下阻尼器

25）拆卸链条分总成。

2. 正时安装方法

1）检查正时链条总成。如图 11-9 所示，用 147N 的力拉链条分总成，然后测量 16 个链节的长度。

最大链条伸长率：123. 2mm。如果平均伸长率大于最大值，则更换链条分总成。

注意：在任意 3 个或更多的位置进行测量，取测量值的平均值。

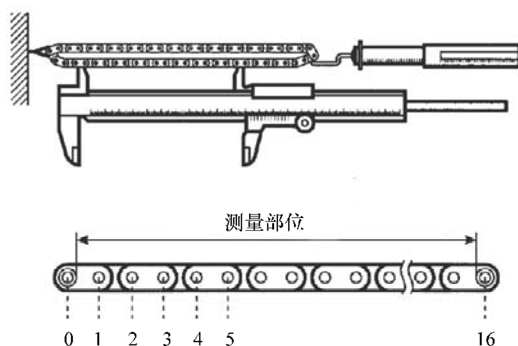


图 11-9　检查正时链条

2）按下列方法安装链条分总成。

① 确保所有的正时标记都如图 11-10 所示处于上止点（TDC）位置。

② 设置曲轴的正时标记位于上止点后（ATDC）40°～140°，如图 11-11 所示。

③ 设置凸轮轴正时齿轮和正时链轮至图 11-12 中所示的位置（20°ATDC）。

④ 设置曲轴处于图中所示的位置（20°ATDC）。

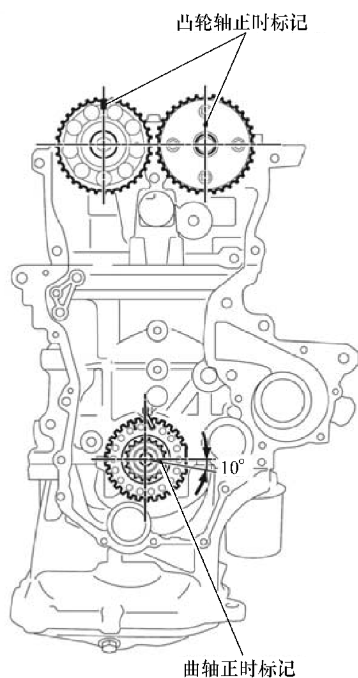


图 11-10　正时 TDC 位置

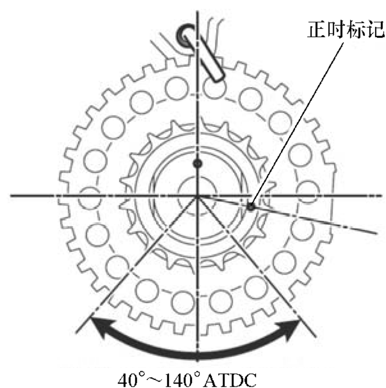


图 11-11　设置曲轴位置

注意：图中曲轴正时标记与水平线成 30°并不表示曲轴位置为 30°ATDC，而是 20°ATDC。

⑤ 用两颗螺栓安装链条振动阻尼器，如图 11-8 所示。

⑥ 对齐凸轮轴的正时标记和正时链条的标记板，然后安装正时链条，如图 11-13 所示。

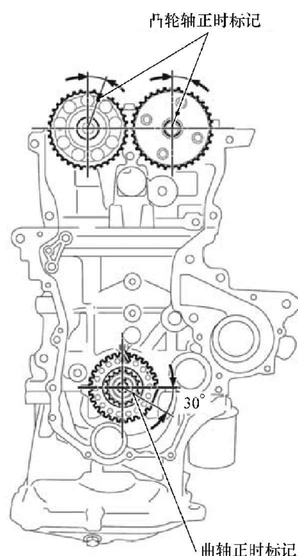


图 11-12　正时 20°ATDC 位置

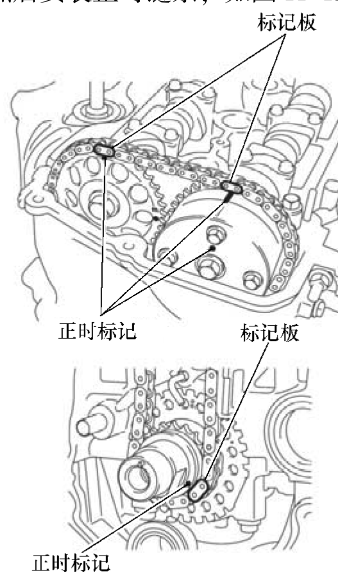


图 11-13　安装正时链条

3）安装链条张紧器滑轨，如图 11-7 所示。

4）安装链条张紧器总成，如图 11-6 所示。用两颗螺栓安装链条张紧器总成，然后从链条张紧器总成上移走锁销。

5）转动曲轴两圈，检查气门正时。

6）安装机油泵密封件。

7）安装机油泵总成。

8）其他部件按照与拆卸的相反顺序进行安装。

二、本田 L15A/L13Z 系列发动机正时校对调整

1. 正时拆卸方法

1）拆下气缸盖罩。

2）使 1 号活塞在上止点（TDC）位置。这时凸轮轴链轮上的“UP”标记 A 应在顶部，并且凸轮轴链轮上的 TDC 凹槽 B 应与气缸盖的顶部边缘对准，如图 11-14 所示。

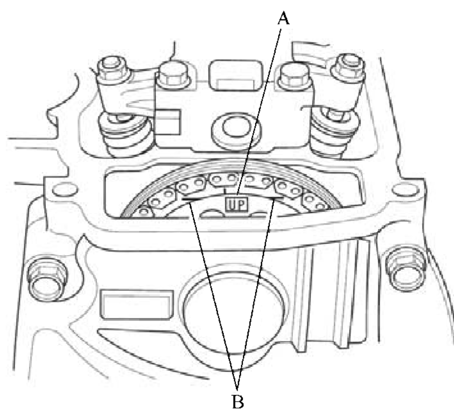


图 11-14　凸轮轴正时标记

A—“UP”标记　B—TDC 凹槽

3）拆下右前轮。

4）拆下右侧挡泥板。

5）松开水泵带轮安装螺栓。

6）拆下传动带。

7）拆下水泵带轮，如图 11-15 所示。

8）拆下曲轴带轮。

9）拆下传动带自动张紧器。

10）拆下空调管路托架安装螺栓，如图 11-16 所示。

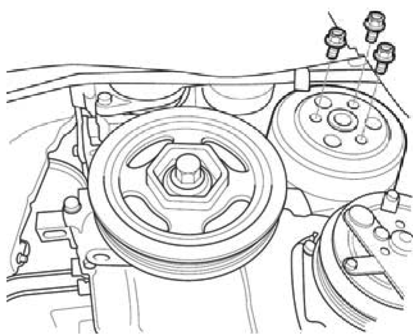


图 11-15　拆下水泵带轮

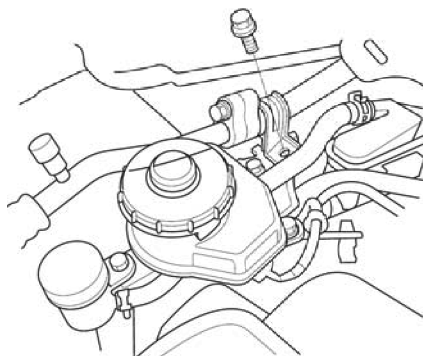


图 11-16　拆卸空调管路

11）在油底壳下放置一个千斤顶和木块，以支撑发动机。

12）拆下搭铁电缆 A，然后拆下发动机侧支座/托架总成 B，如图 11-17 所示。

13）拆下链条箱，如图 11-18 所示。

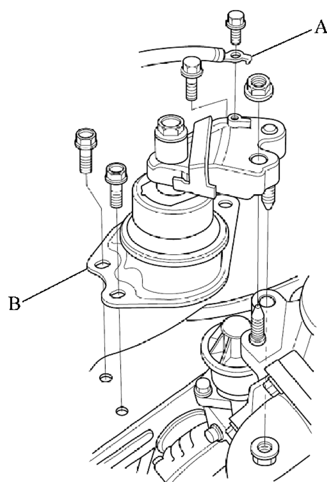


图 11-17　拆下发动机侧支座/托架总成

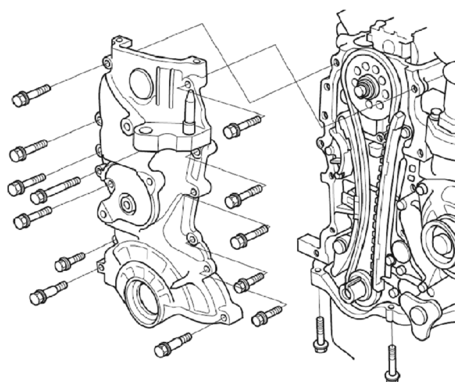


图 11-18　拆下链条箱

14）测量凸轮链条间距，如图 11-19 所示。如果间距小于维修极限，更换凸轮链条和凸轮链条张紧器。

标准间距：19mm；维修极限：15mm。

15）在凸轮链条张紧器滑块 A 的滑动表面上涂抹新的机油；用螺钉旋具夹住凸轮链条张紧器滑块，然后拆下螺栓 B，并松开螺栓 C，如图 11-20 所示。

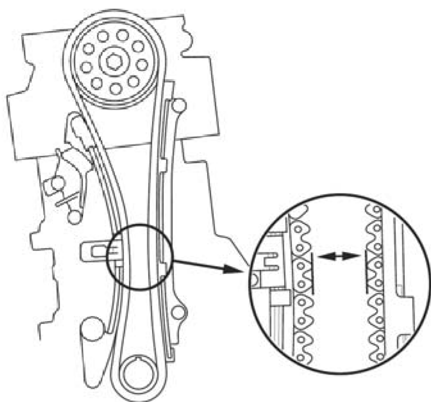


图 11-19　测量凸轮链条间距

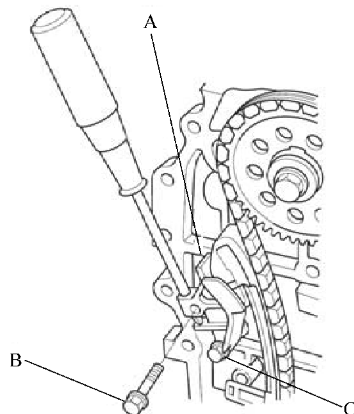


图 11-20　夹住张紧器滑块

16）拆下凸轮链条张紧器滑块，如图 11-21 所示。

17）拆下凸轮链条张紧器 A 和凸轮链条导板 B，如图 11-22 所示。

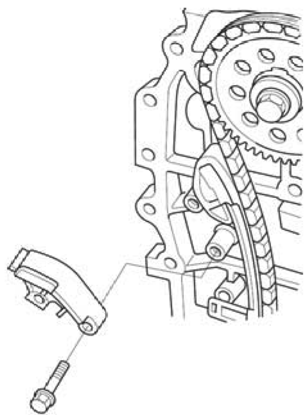


图 11-21　拆下张紧器滑块

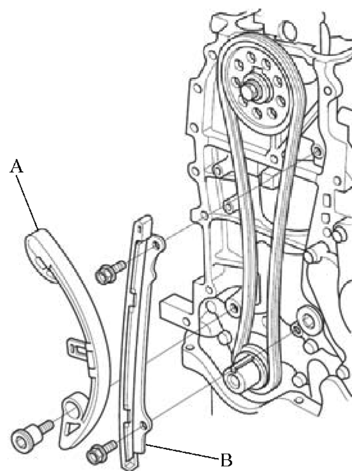


图 11-22　拆下链条导板

18）拆下凸轮正时链条。

2. 正时安装方法

1）将曲轴置于上止点（TDC）。将曲轴链轮上的 TDC 标记 A 与机油泵上的指针 B 对准，如图 11-23 所示。

2）拆下曲轴链轮。

3）将凸轮轴设定到 TDC。凸轮轴链轮上的“UP”标记 A 应在顶部，并且凸轮轴链轮上的 TDC 凹槽 B 应与气缸盖的顶部边缘对准，如图 11-24 所示。

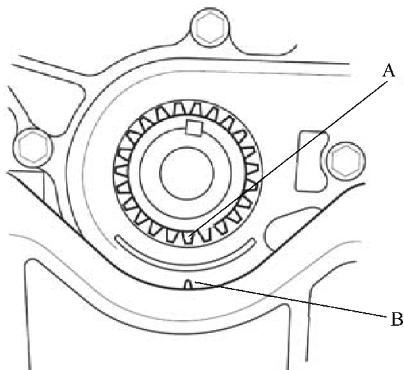


图 11-23　曲轴上止点位置

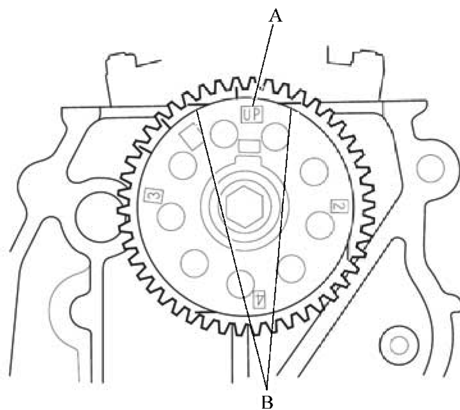


图 11-24　凸轮轴上止点位置

4）将凸轮链条安装在曲轴链轮上，使涂色的链节 A 与曲轴链轮上的 TDC 标记 B 对准，然后将曲轴链轮安装到曲轴上，如图 11-25 所示。

5）L15A 发动机：将凸轮链条安装到凸轮轴链轮上，使指针 A 与三个涂色链节 B 对准，如图 11-26 所示。

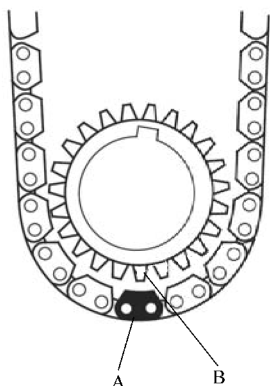


图 11-25　对准曲轴链轮正时标记

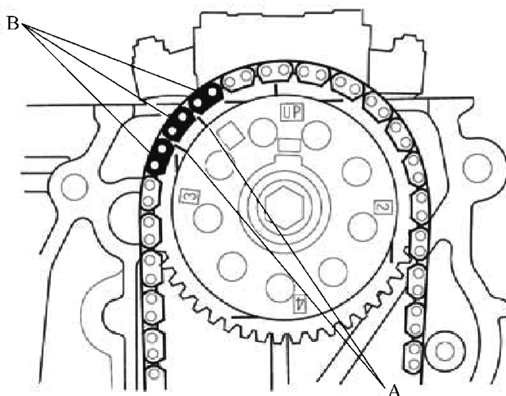


图 11-26　对准凸轮轴链轮正时标记

6）L13Z 发动机：将凸轮链条安装到凸轮轴链轮上，使指针 A 对准两个涂色链节 B 的中间，如图 11-27 所示。

7）安装凸轮链条张紧器 A 和凸轮链条导板 B，如图 11-28 所示。

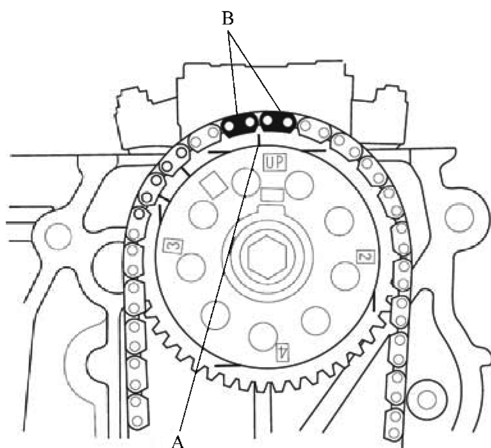


图 11-27　对准凸轮轴链轮正时标记

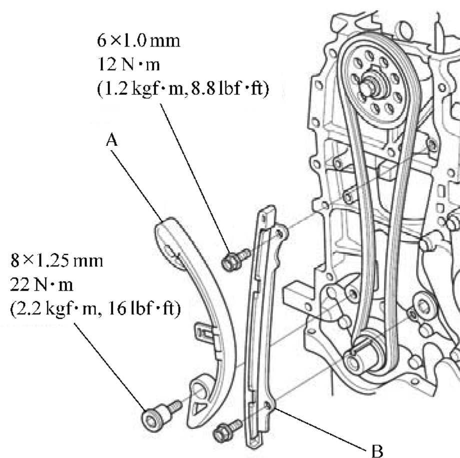


图 11-28　安装凸轮链条导板

8）安装凸轮链条张紧器滑块，并松松地紧固螺栓。

9）在凸轮链条张紧器滑块 A 的滑动表面上涂抹新的机油，如图 11-29 所示。

10）顺时针转动凸轮链条张紧器滑块以压紧凸轮链条张紧器，安装剩余的螺栓，然后紧固螺栓。

11）检查链条箱油封是否损坏。如果油封损坏则更换。

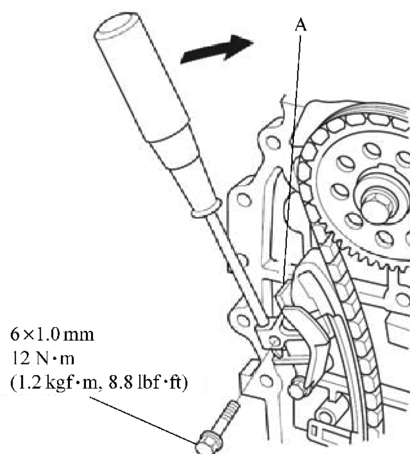


图 11-29　顺时针转动张紧器滑块

12）将所有旧的密封胶从链条箱接合面、螺栓和螺栓孔上清除。

13）清洁并风干链条箱接合面。



你学会了吗?

1. 发动机气门正时关系到发动机气门的________、________和________时机。
2. 重新安装发动机气门机构时，必须要对齐曲轴与凸轮轴之间的________。
3. 简述丰田 1NZ－FE/2NZ－FE 发动机的正时校对调整方法。
4. 简述本田 L15A/L13Z 系列发动机正时校对调整方法。

第 12 天

丰田 VVT－i 可变气门正时系统

学习目标

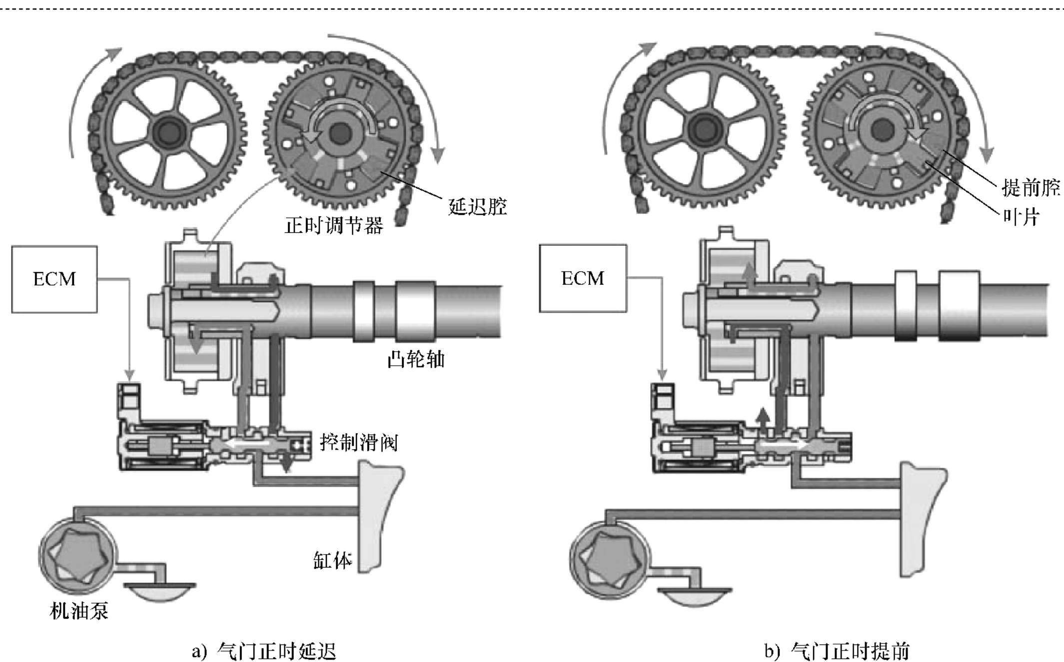
1. 了解可变气门正时系统的作用和结构原理。
2. 了解丰田双 VVT－i 系统的结构与工作原理。
3. 学习丰田 VVT－i 凸轮轴正时齿轮的检查方法。
4. 学习丰田 VVT－i 凸轮轴正时齿轮的拆装方法。
5. 掌握凸轮轴正时机油控制阀的检修方法。

基础知识

一、VVT－i 系统的基本组成与工作原理

通常，发动机的气门正时（配气正时）是固定的。而 VVT－i 系统利用机油压力来调整进气凸轮轴转角气门正时进行优化，从而提高功率输出、改善燃料消耗率和减少废气排放。VVT－i 是丰田公司的智能可变气门正时系统。该系统能够根据发动机工况，控制凸轮轴向前或向后旋转一个角度，从而提前或延迟打开气门。为了减少成本，很多发动机只对进气门实施了可变气门正时控制。有的则采用双可变气门正时系统，即进气和排气都能实现可变气门正时。

如图 12-1 所示，VVT－i 系统由 VVT－i 控制器（正时调节器）、正时机油控制阀、ECM 和各种传感器组成。凸轮轴与正时调节器的叶片固定在一起，带有链轮的外壳则由正时链条带动。正时机油控制阀根据 ECM 的占空比控制来控制滑阀，这样可以将液压施加在调节器叶片的提前或延迟侧。达到目标正时后，凸轮轴正时机油控制阀将保持在中间位置来保持气门正时。发动机停止时，进气 VVT－i 控制器处于最大推迟状态。



a) 气门正时延迟　　b) 气门正时提前

图 12-1　丰田 VVT－i 系统的工作原理

二、丰田 1AR－FE 发动机 VVT－i 系统

1. 双 VVT－i 系统的组成与作用

丰田 1AR－FE 发动机的双 VVT－i 系统的结构如图 12-2 所示。双 VVT－i 系统可将

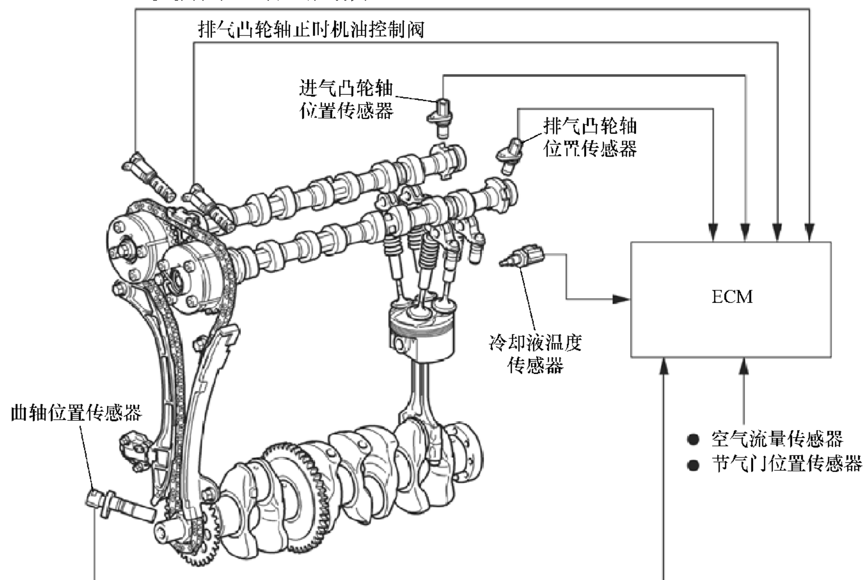


图 12-2　丰田双 VVT－i 系统

进气凸轮轴和排气凸轮轴的可变正时量分别控制在50°和40°（曲轴转角）范围内，以相应提供适合发动机运转的最佳气门正时，从而增大所有转速范围内的转矩，提高燃油经济性并减少废气排放。

ECM可利用发动机转速、进气质量、节气门位置和冷却液温度计算适合各种行驶条件的最佳气门正时，并控制凸轮轴正时机油控制阀。此外，ECM利用来自凸轮轴位置传感器和曲轴位置传感器的信号检测实际气门正时，从而提供反馈控制来获得目标气门正时。

丰田1AR－FE发动机双VVT－i系统的控制方式和所起的作用见表12-1。

表12-1　双VVT－i系统的作用

工作状态	目标		效果
怠速期间	最早正时(EX) TDC 最迟正时(IN) EX IN BDC	消除重叠以减少进气侧回火	• 稳定怠速转速 • 提高燃油经济性
低负荷	至提前侧(EX) 至延迟侧(IN) EX IN	消除重叠以减少进气侧回火	确保发动机稳定性
中负荷	至提前侧(IN) 至延迟侧(EX) EX IN	增加重叠以增大内部EGR，从而减少泵气损失	• 提高燃油经济性 • 改善排放控制
高负荷时在低速至中速范围内	EX IN 至延迟侧(EX) 至提前侧(IN)	提前进气门关闭正时，提高容积效率	增大低速到中速范围内的转矩
高负荷时在高速范围内	EX IN 至延迟侧(IN) 至提前侧(EX)	延迟进气门关闭正时，提高容积效率	提高输出功率

（续）

工作状态	目标	效果
低温时	最早正时(EX) 最迟正时(IN) EX IN 消除重叠，减少进气侧回火导致稀燃状态，提高快怠速转速稳定性	• 提高快怠速稳定性 • 提高燃油经济性
• 起动时 • 停止发动机时	最早正时(EX) 最迟正时(IN) EX IN 消除重叠以使进气侧回火减至最小	提高起动性能

2. VVT－i 控制器与正时机油控制阀

VVT－i 系统的组成部件包含了可通过调整进气凸轮轴转角气门正时的 VVT－i 控制器和一个控制油压的凸轮轴正时机油控制阀。各控制器由正时链条驱动的外壳和与进气或排气凸轮轴相连接的叶片组成，进气侧和排气侧均有四片叶片。来自进气和排气凸轮轴的提前或延迟侧油道的机油压力使 VVT－i 控制器叶片沿圆周方向旋转，以持续改变进气门和排气门正时。进气侧 VVT－i 控制器的结构如图 12-3 所示。

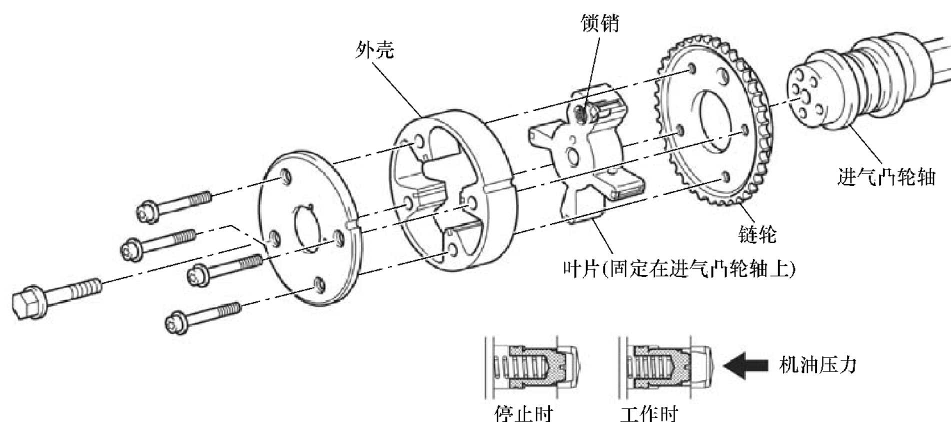


图 12-3　进气侧 VVT－i 控制器

发动机停止时，锁销将进气凸轮轴锁止至最大延迟端，排气凸轮轴锁止至最大提前端，以确保发动机起动正常。发动机起动时，油压将被施加到锁销并将其释放。如图 12-4 所示，排气侧 VVT－i 控制器安装了提前辅助弹簧。发动机停止时，此弹簧在提前方向上施加转矩，从而确保锁销接合。

凸轮轴正时机油控制阀的结构如图 12-5 所示。此控制阀利用来自 ECM 的占空比信号来控制滑阀。这样可使液压力施加到 VVT－i 控制器的提前侧或延迟侧。发动机停止时，凸轮轴正时机油控制阀位于最大延迟位置。

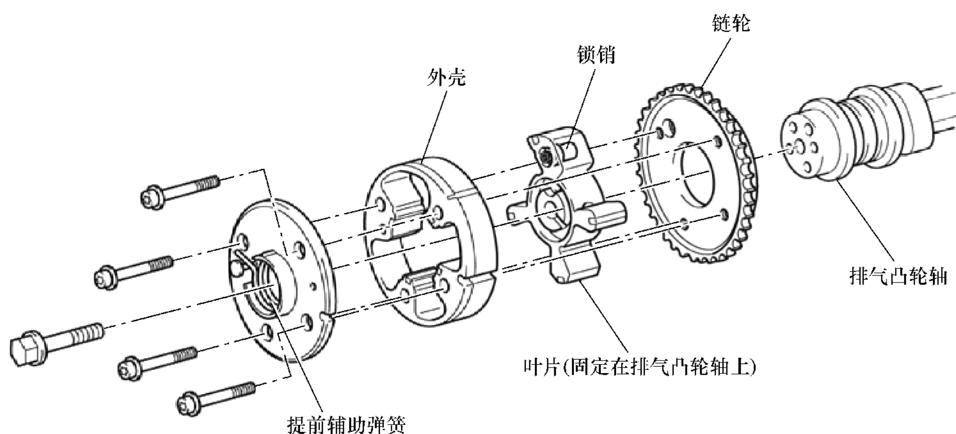


图 12-4　排气侧 VVT－i 控制器

特别提示：排气侧机油控制阀的提前侧和延迟侧与进气侧机油控制阀相反。

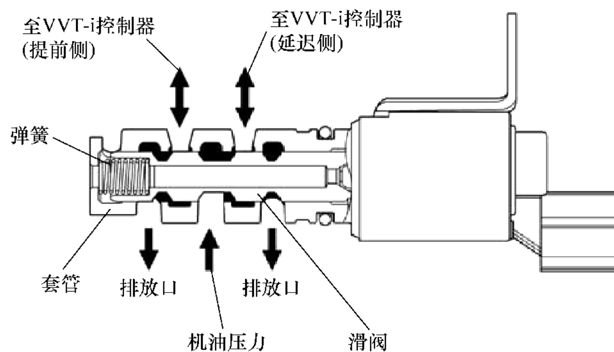


图 12-5　凸轮轴正时机油控制阀

3. 双 VVT－i 系统的工作原理

凸轮轴正时机油控制阀是根据发动机 ECU 输出的电流量，来选择流向 VVT－i 控制器的通道。VVT－i 控制器应用油压使进气凸轮轴旋转到提前、延迟或保持气门正时所应当的位置。

（1）正时提前　通过来自 ECM 的提前信号将凸轮轴正时机油控制阀分别定位在图 12-6 和图 12-7 所示位置时，产生的机油压力施加到正时提前侧叶片室，使凸轮轴沿正时提前方向旋转。

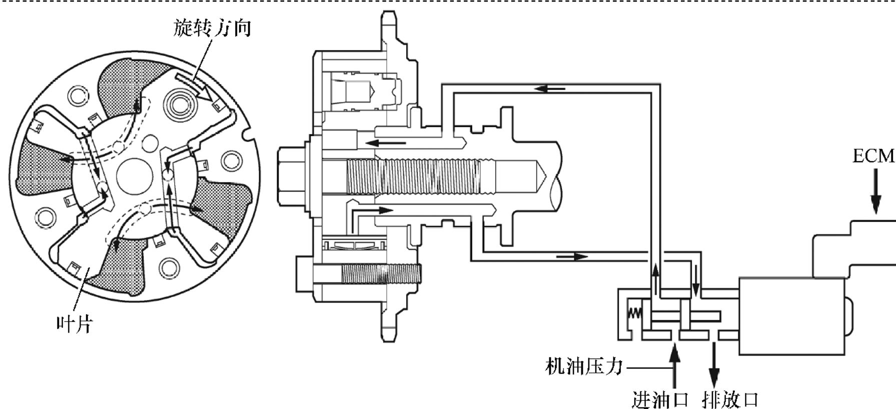


图 12-6　进气凸轮轴正时提前

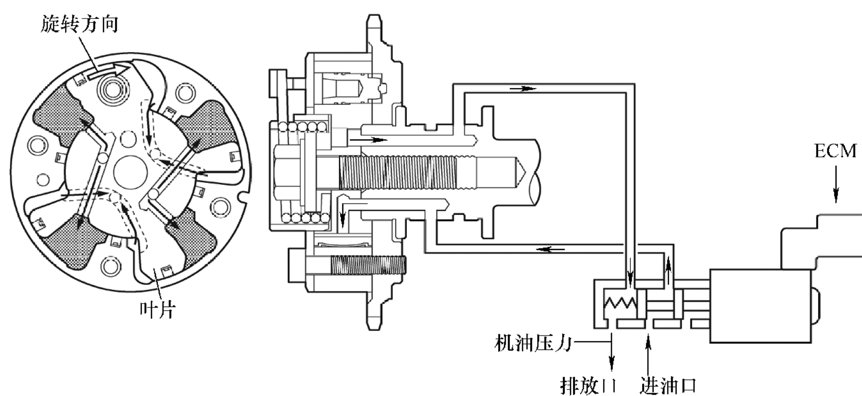


图 12-7　排气凸轮轴正时提前

（2）正时延迟　通过来自 ECM 的延迟信号将凸轮轴正时机油控制阀分别定位在图 12-8 和图 12-9 所示位置时，产生的机油压力施加到正时延迟侧叶片室，使凸轮轴沿正时延迟方向旋转。

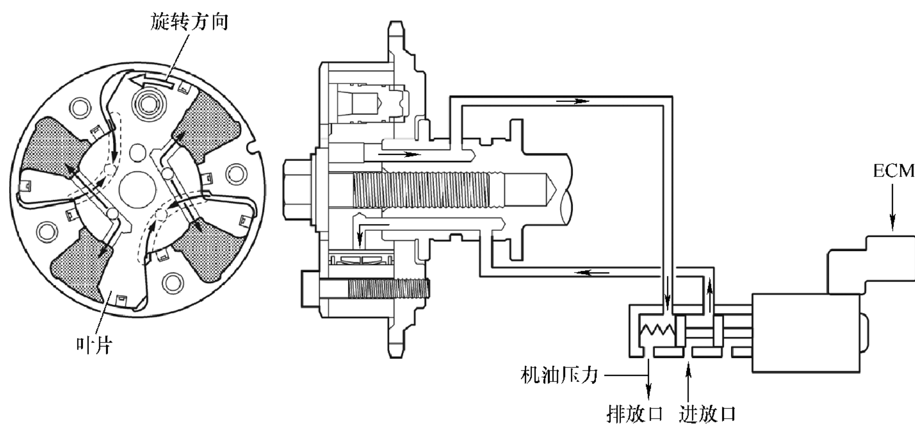


图 12-8　进气凸轮轴正时延迟

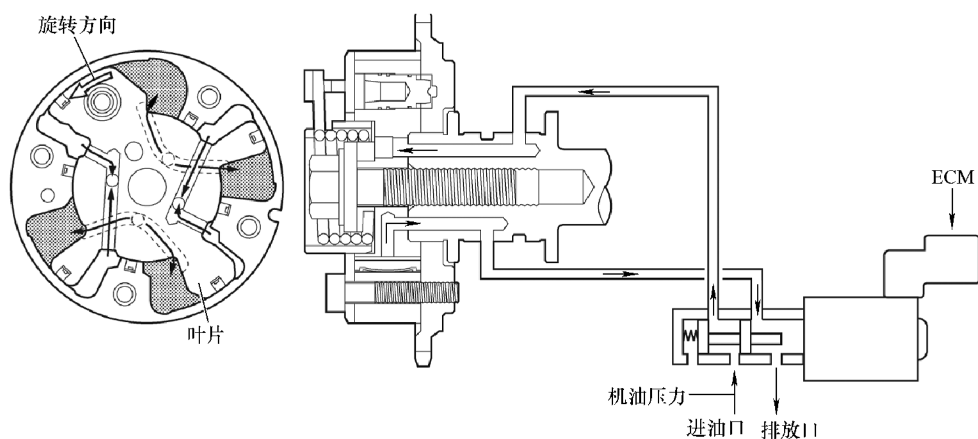


图 12-9　排气凸轮轴正时延迟

（3）保持　发动机 ECU 根据具体的运作参数进行处理，并计算出目标气门正时角度。当达到目标气门正时以后，凸轮轴正时机油控制阀通过关闭油道来保持油压。



实际操作

一、VVT－i 凸轮轴正时齿轮的检查方法

如图 12-10 所示，对于带 VVT－i 的凸轮轴正时齿轮，当发动机停止时，锁销将通过弹簧力锁住叶片和外壳；发动机起动时，油压将被施加到锁销并将其释放。为此，需要检查锁销的锁定与解锁动作。

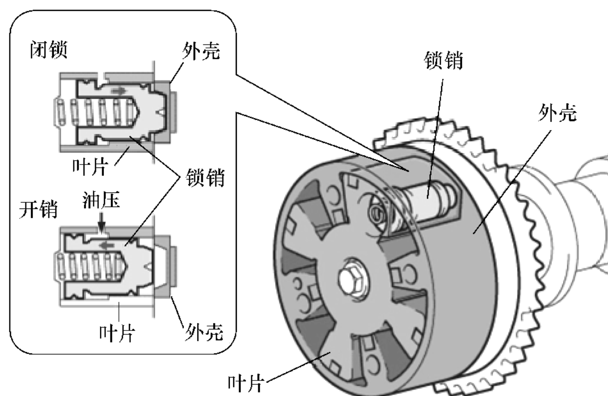


图 12-10　正时齿轮锁销的工作情况

对于一个锁销，将机油压力施加在延迟侧便可解锁。检查时，可使用压缩空气代替发动机油压。检查方法如下：

1）将压缩空气同时施加在提前侧和延迟侧，如图 12-11 所示。将压缩空气同时施加到提前侧和延迟侧，可防止当锁销被释放时正时齿轮突然移动。

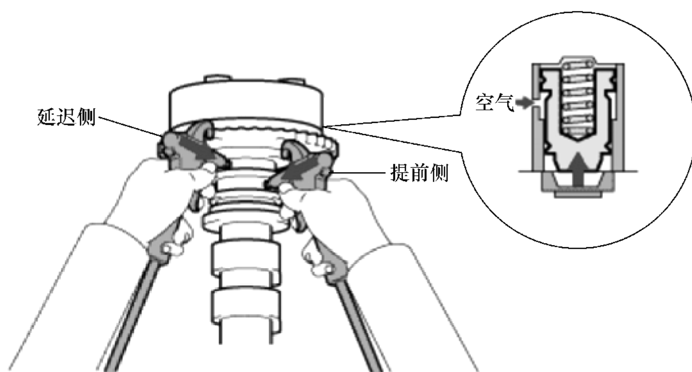


图 12-11　施加压缩空气

2）如图 12-12 所示，减少延迟侧的压缩空气，并将正时齿轮向提前侧移动。

3）当凸轮轴正时齿轮到达最提前的位置时，断开正时延迟侧空气压力，然后，断开正时提前侧空气压力。

4）锁销解锁后，保证正时齿轮能够用手在除最延迟端侧以外的任何位置平滑转动。

5）将正时齿轮转到最延迟侧，确保其锁定。

二、VVT－i 凸轮轴正时齿轮的拆卸与安装

1）使用压缩空气对锁销解锁。

2）将正时齿轮转到最提前侧。

3）在台虎钳上垫上铝板将凸轮轴夹紧，如图 12-13 所示。

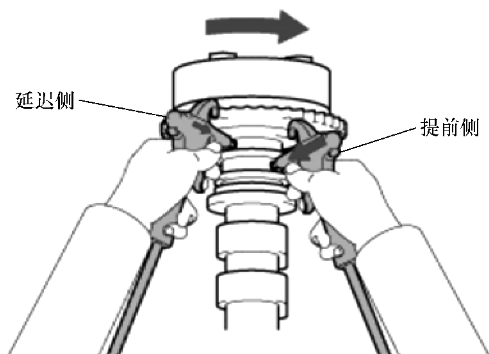


图 12-12　减少延迟侧的压缩空气

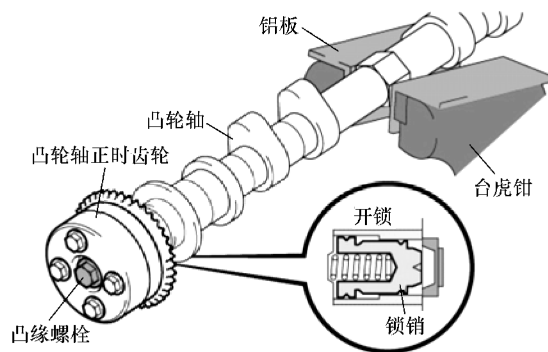


图 12-13　夹紧凸轮轴

4）拆卸凸缘螺栓，以便拆卸正时齿轮。

注意：

① 如果凸缘螺栓在锁销仍然被锁定时拆卸，水平力便被施加在锁销上，从而可能损坏锁销。

② 仅拆卸凸缘螺栓，不要拆解正时齿轮。

5）检查凸轮轴正时齿轮位置，如图 12-14 所示。

如果将凸轮轴正时齿轮设置在提前位置，则在安装过程中不要让凸轮轴正时齿轮顺时针旋转；如果凸轮轴正时齿轮旋转至延迟位置，则松开锁销并将其设置在提前位置。

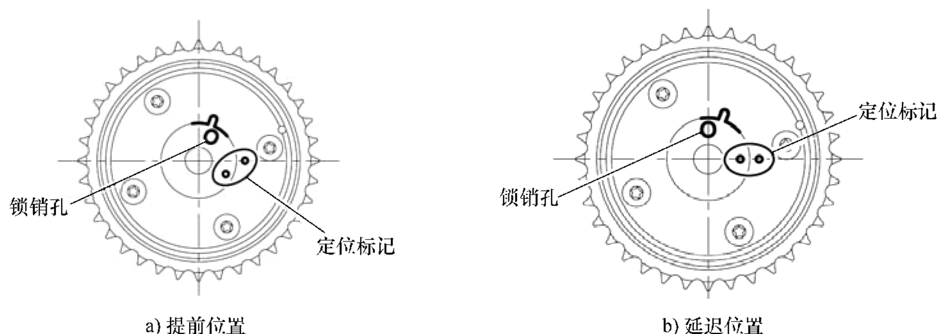


图 12-14　凸轮轴正时齿轮位置

6）如图 12-15 所示，将凸轮轴的锁销与凸轮轴正时齿轮的销孔对准并装上。

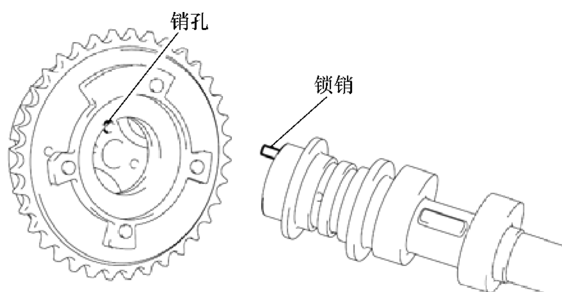


图 12-15　装上凸轮轴正时齿轮

7）检查并确认凸轮轴正时齿轮与凸轮轴法兰之间无间隙，如图 12-16 所示。

8）如图 12-17 所示，用扳手固定凸轮轴的六角部位，安装凸轮轴正时齿轮螺栓，拧紧至规定力矩（85N·m）。

三、凸轮轴正时机油控制阀的检修

丰田 1AR－FE 发动机凸轮轴正时机油控制阀的拆卸、检查和安装方法如下：

1）断开机油控制阀插接器，如图 12-18 所示。

2）拆下螺栓和机油控制阀。

3）从机油控制阀上拆下 O 形圈。

错误

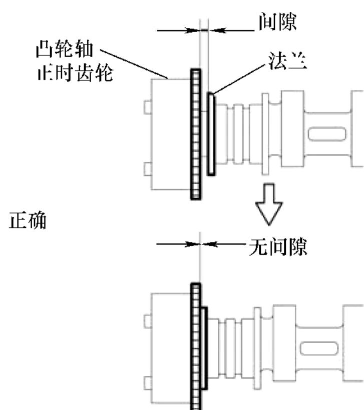


图 12-16　确保无间隙安装

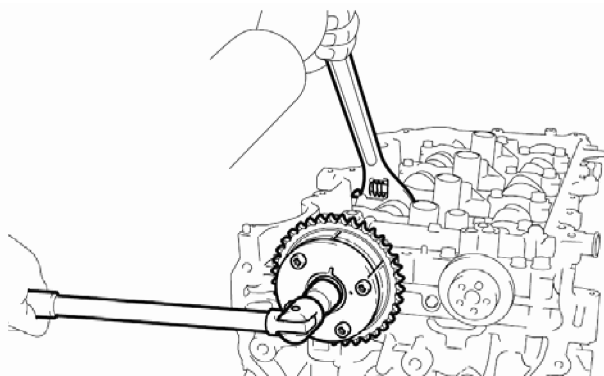


图 12-17　拧紧凸轮轴正时齿轮螺栓

4）测量凸轮轴正时机油控制阀端子 1、2 之间的电阻，是否在正常范围内（6.9 ~ 7.9 Ω）。如果结果不符合规定，则更换机油控制阀总成。

5）如图 12-19 所示，将蓄电池正极（+）引线连接到端子 1，负极（-）引线连接到端子 2，并检查阀的运动情况。

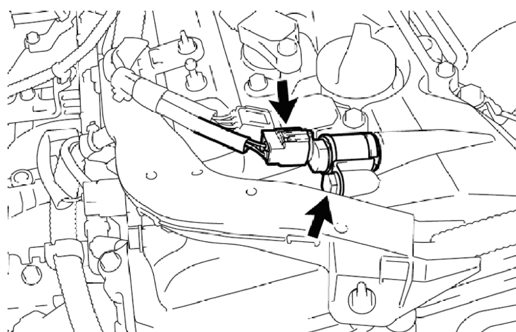


图 12-18　拆卸机油控制阀

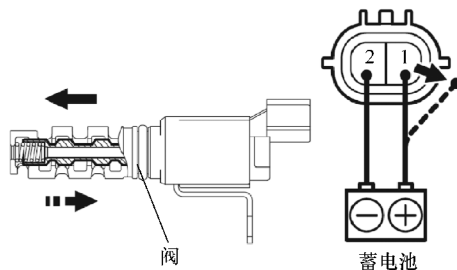


图 12-19　检查阀的运动情况

正常时应如下：

条件	规定状态
施加蓄电池正极（+）	滑阀沿如图 12-19 所示的左箭头方向运动
切断蓄电池正极（+）	滑阀沿如图 12-19 所示的右箭头方向运动

6）安装凸轮轴正时机油控制阀总成。如图 12-20所示，在新 O 形圈上涂抹一薄层机油，并将其安装到机油控制阀上。

7）用螺栓安装机油控制阀，拧紧至规定力矩（10N · m）。

8）连接机油控制阀插接器。

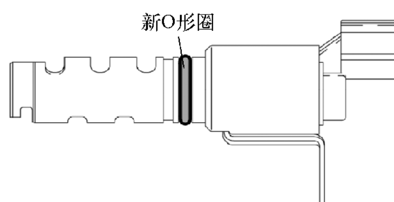


图 12-20　在 O 形圈上涂抹机油



你学会了吗?

1. VVT –i 可变气门正时系统由________、________、ECM 和各种传感器组成。
2. VVT –i 控制器的结构是怎样的? 它是怎样改变凸轮轴位置的?
3. 怎样拆卸和检查 VVT –i 凸轮轴正时齿轮?
4. 怎样检修凸轮轴正时机油控制阀?

第 13 天

本田 VTEC 可变气门系统

学习目标

1. 了解本田发动机 VTEC 装置的作用、结构与工作原理。
2. 掌握本田发动机 VTEC 摇臂的测试方法。
3. 学习摇臂总成的拆卸、检查与安装方法。

基础知识

VTEC 意为可变气门正时和气门升程电子控制系统，是本田的专有技术。它能随发动机转速、负荷、冷却液温度等运行参数的变化，适当地调整配气正时和气门升程，使发动机在高、低速下均能达到最高效率。

本田 L15A7 发动机 VTEC 装置的结构如图 13-1 所示。在该 VTEC 系统中，进气凸轮轴上有低速凸轮（低升程）和高速凸轮（高升程），分别驱动低速摇臂和高速摇臂。通过一个像“栓子”一样的同步活塞连接或分离低速摇臂和高速摇臂，就能实现高、低气门升程的转换。VTEC 系统通过改变凸轮轮廓使其与发动机转速一致：在低发动机转速时，使转矩最大；而在高发动机转速时，使输出功率最大。

本田 L15A7 发动机 VTEC 系统的工作原理如下：

1. 发动机低负荷、低转速时

发动机转速低时，ECM/PCM 关闭摇臂机油控制电磁阀，如图 13-2 所示。来自摇臂机油控制电磁阀的机油压力没有进入进气摇臂轴，两个进气摇臂都由低升程凸轮凸角提升。高速摇臂不顶动气门，只是在摇臂上做无效的运动。

2. 发动机高负荷、高转速时

发动机转速高时，ECM/PCM 打开摇臂机油控制电磁阀，如图 13-3 所示。来自摇臂机油控制电磁阀的机油压力经过进气摇臂轴进入辅助进气摇臂，并且移动摇臂中的 VTEC 切换活塞（同步活塞）。这使 VTEC 切换活塞滑入主进气摇臂，同时锁住摇臂，两个进气摇臂都由高升程凸轮凸角提升。这样就提高了气门升程，增加了进气量，减少了泵气损失。

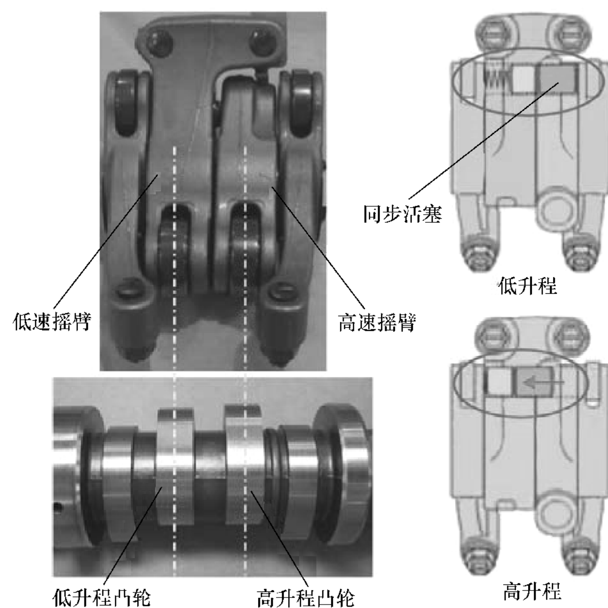


图 13-1　本田 VTEC 装置的结构

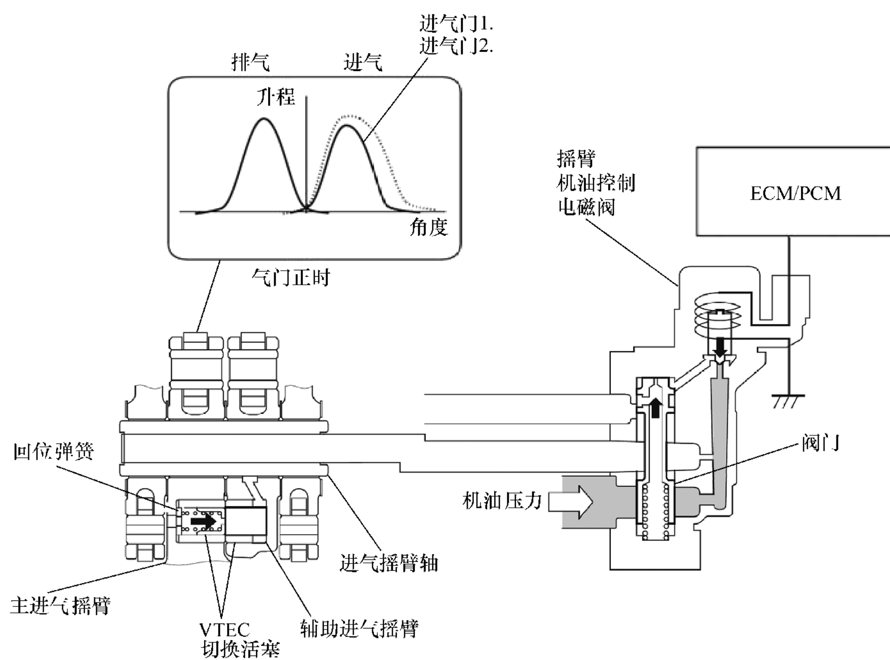


图 13-2　发动机转速低时 VTEC 的工作原理

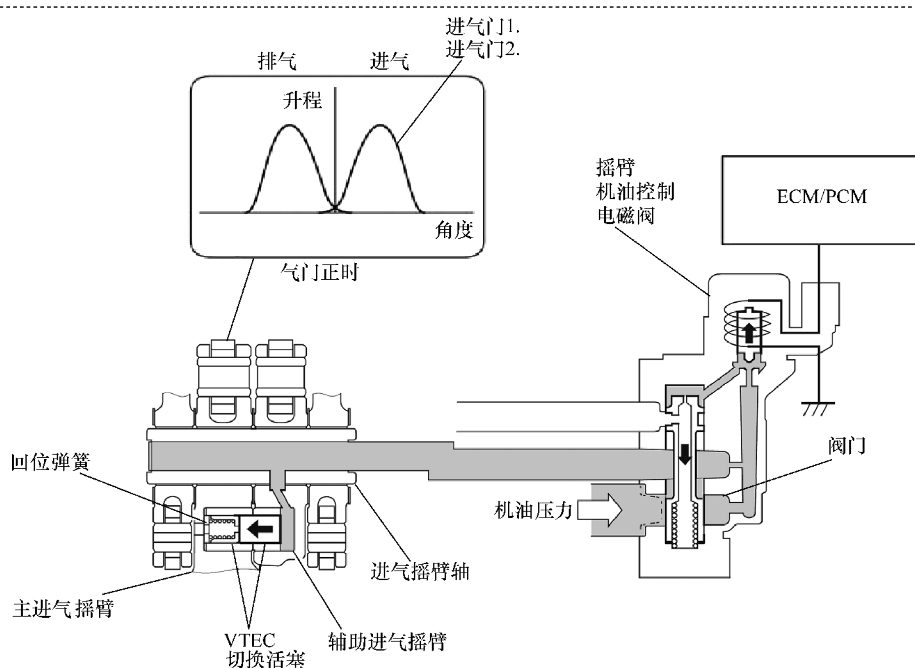


图 13-3　发动机转速高时 VTEC 的工作原理



实际操作

一、VTEC 摇臂测试（L15A7 发动机）

此测试用来检验 VTEC 摇臂在受到管路压力时，是否能正常动作。

1）起动发动机并使其运转 5min，然后将点火开关转至 LOCK（0）位置。

2）拆下气缸盖罩。

3）顺时针转动曲轴，目视检查所有主摇臂 A 和次摇臂 B 是否自由移动，如图 13-4 所示。

① 如果主摇臂和次摇臂一起移动，则将主摇臂和次摇臂作为一个总成拆下，检查并确认主、次摇臂中的活塞能平稳地移动。如果有任何摇臂需要更换，则将主摇臂和次摇臂作为一个总成进行更换，然后重新测试。

② 如果所有主摇臂和次摇臂可自由移动，则转至下一步骤。

4）检查并确认车间空气压缩机压力表上的空气压力读数大于 400kPa。

5）检查并确保气门间隙在规定范围内。

6）将空气适配器 A 安装到检查孔上，然后连接气门检查组件 B，如图 13-5 所示。

7）松开调节器上的阀门，并施加规定的空气压力（340kPa）。

8）在施加规定的空气压力时，顺时针转动曲轴，目视检查并确认所有主摇臂和次摇臂是否一起移动。

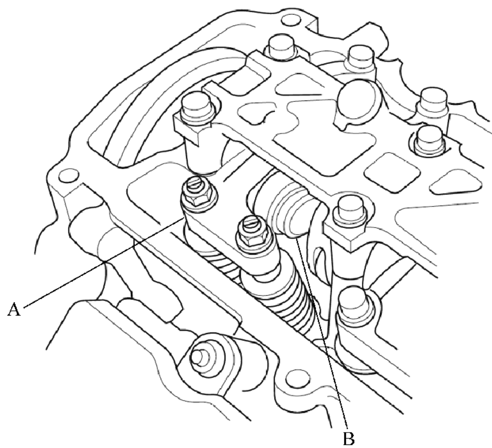


图 13-4　检查摇臂是否自由移动

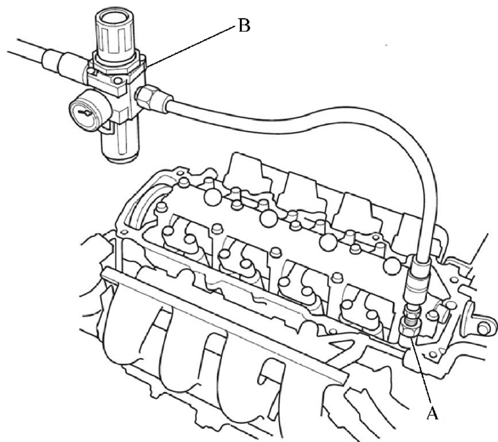


图 13-5　安装气门检查组件

如果主摇臂和次摇臂一起移动且互不干涉，将主摇臂和次摇臂作为一个总成拆下，检查并确认主、次摇臂中的活塞能平稳地移动。如果有任何摇臂需要更换，则将主摇臂和次摇臂作为一个总成更换，然后进行测试。

9）拆下空气供应器和 VTEC 适配器。

10）安装气缸盖罩。

二、摇臂总成的拆卸与安装（L15A7 发动机）

1）拆下气缸盖罩。

2）松开摇臂调整螺钉 A，如图 13-6 所示。

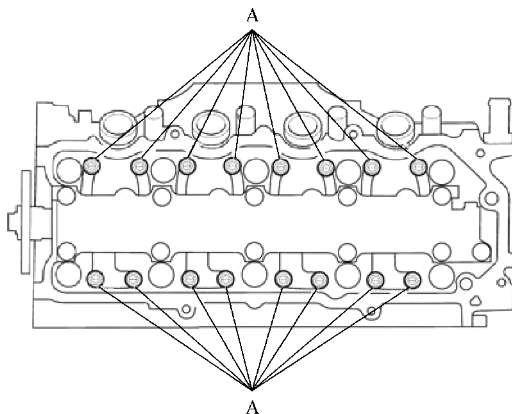


图 13-6　松开摇臂调整螺钉

3）按图 13-7 所示的顺序一次旋开摇臂轴安装螺栓两圈。

4）拆下摇臂轴安装螺栓，然后拆下摇臂总成，如图 13-8 所示。

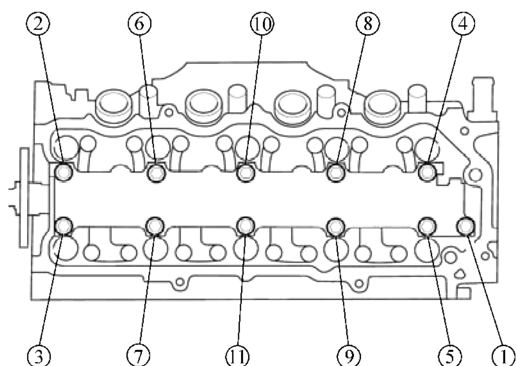
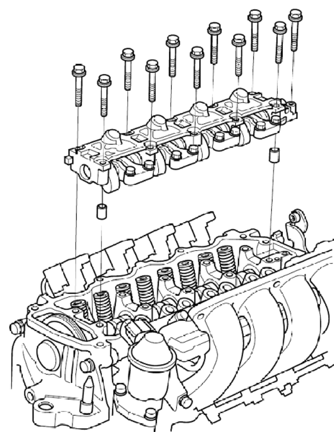


图 13-7　摇臂轴螺栓松开顺序


图 13-8　拆下摇臂总成

5）安装摇臂总成。

6）按图 13-9 所示的顺序每次紧固每个螺栓两圈。

7）拧紧摇臂安装螺栓至规定力矩：①～⑩15N·m，⑪9.8N·m。

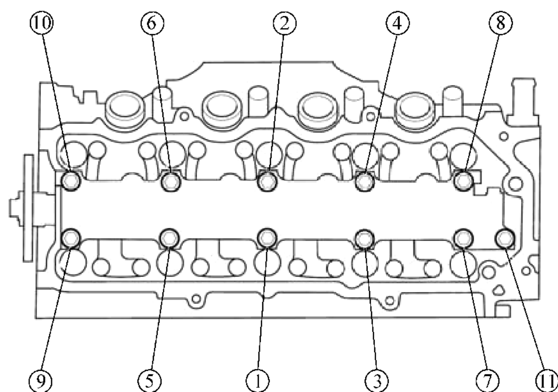


图 13-9　摇臂螺栓拧紧顺序

8）调整气门间隙。

9）安装气缸盖罩。

三、摇臂和摇臂轴的检查

1）拆下摇臂总成。

2）拆解摇臂总成。

3）在第一个摇臂位置测量轴的直径，如图 13-10 所示。

4）将千分表 A 的测杆接触测微器轴并调零，如图 13-11 所示。

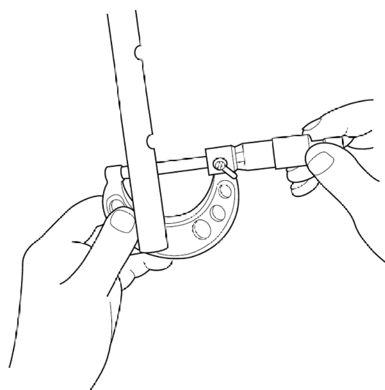


图 13-10　测量摇臂轴的直径

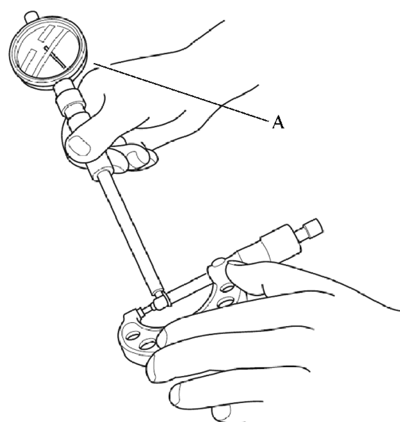


图 13-11　设置仪表

5）如图 13-12 所示，测量摇臂的内径，并检查其是否处于圆度超差的状态。

6）对所有的摇臂和摇臂轴重复以上步骤。如果间隙超出维修极限，则更换摇臂轴和所有超出维修极限的摇臂。如果有任何 VTEC 摇臂需要更换，则将摇臂作为一个总成进行更换。

摇臂到轴的间隙：进气 0.017 ~ 0.048mm；排气 0.019 ~ 0.050mm。

7）检查摇臂活塞 A，如图 13-13 所示。用手推动活塞，如果它们不能平稳地移动，则更换摇臂组件。

注意：

① 重新组装时，将新的机油涂抹到摇臂活塞上。

② 重新组装次摇臂时，小心地将空气压力施加到摇臂的机油通道中。

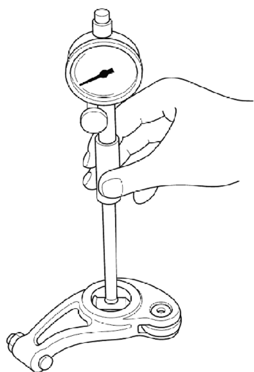


图 13-12　测量摇臂的内径

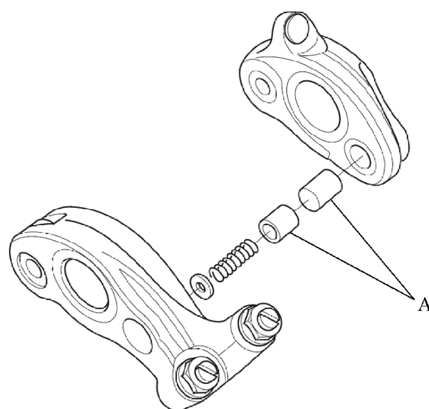


图 13-13　检查摇臂活塞

8）重新组装摇臂总成。

9）安装摇臂总成。



故障案例

本田奥德赛发动机故障灯亮

故障现象：本田奥德赛行驶中发动机故障灯报警，转速超过 3000r/min 之后车辆无法正常行驶，发动机转速上下波动。

故障诊断与分析：

1）用 HDS 对车辆进行检测，显示故障码 P2647（VTEC 机油压力开关电路电压过高）。PCM 设置该故障的原因如下：

① 当 VTEC 不工作时，VTEC 电磁阀不工作，来自机油泵的机油无法通过 VTEC 电磁阀，压力开关反馈给 PCM 的电压就是 0V（压力开关是常闭开关）。

② 当 VTEC 工作时，VTEC 电磁阀打开，来自机油泵的机油就会通过电磁阀通向同步活塞，这时油压会推动压力开关，压力开关就会断开，此时 PCM 就会收到 5V 的检测电压。

③ ECM/PCM 根据压力开关输入电压多少来设定故障码，以检测 VTEC 系统的工作是否正常。

④ 如果系统发生异常情况，PCM 根据 VTEC 压力开关反馈的情况可以设置故障码。当 VTEC 不工作时，机油压力开关信号端子电压为 5V，PCM 会设定故障码 P2647。

2）出现该故障的可能原因有：VTEC 机油压力开关及线路断路故障；机油油路堵塞；机油过少；VTEC 电磁阀常作动故障；PCM 故障。

3）检查电磁阀和压力开关及其与 PCM 的连线导通情况，未发现异常。

4）更换 VTEC 压力开关、VTEC 电磁阀和 PCM，在车辆行驶一段时间后故障再次出现。

5）根据以上原理和已替换的部件，重点检查了插头，发现 VTEC 插头的其中一个插针有氧化现象。由于 VTEC 机油压力开关插头氧化，造成机油压力开关在闭合时出现了断路，从而导致故障码 P2647，发动机故障灯亮，VTEC 系统异常，发动机转速上下波动，车辆无法正常行驶的情况。

故障维修方法：更换 VTEC 机油压力开关中的插片后，试车，故障没有再现。



你学会了吗?

1. VTEC 意为可变________和________电子控制系统。
2. 本田 L15A7 发动机 VTEC 装置的结构是怎样的?
3. 本田 L15A7 发动机 VTEC 系统的工作原理是怎样的?
4. 本田发动机 VTEC 摇臂的测试方法是怎样的?

第 14 天

宝马 Valvetronic 可变气门升程系统



学习目标

1. 了解 Valvetronic 电子气门控制系统的结构与工作原理。
2. 学习宝马 Valvetronic 系统伺服电动机的更换方法。
3. 学习宝马 Valvetronic 发动机中间杠（推）杆的拆装方法。



基础知识

传统汽油发动机都是利用节气门来改变进入气缸的空气量，并通过监视空气量来调节喷油量，从而控制发动机的输出功率。这种控制方式会在进气通道内产生不同程度的真空，造成发动机负荷较低时的换气功耗显著增加。宝马 Valvetronic 电子气门发动机则是在节气门全开的状态下，通过在大气压力下进气并进行免节气负荷控制。这显著降低了换气损失，确保了极高的燃油利用率（平均可节省燃油约 10%）及更出色的响应速度。

Valvetronic 电子气门控制系统的结构如图 14-1 所示。伺服电动机安装在气缸盖侧面，伺服电动机的蜗杆嵌入安装在偏心轴上的蜗轮内，系统通过蜗轮蜗杆机构来调节偏心轴的位置。偏心轴扭转可使固定架上的中间推杆朝进气凸轮轴方向移动，但由于中间推杆也靠在进气凸轮轴上，因此摇臂相对于中间推杆的位置会发生变化，中间推杆的斜台朝伺服电动机方向移动。斜台推动摇臂，从而使进气门继续向下运行，进气门因此进一步开启。

如图 14-2 所示，中间推杆可改变进气凸轮轴与滚子式气门压杆之间的传动比。在满负荷位置时，气门行程和持续开启时间达到最大值。在怠速位置时，气门行程和持续开启时间达到最小值。

当驾驶人踩加速踏板时，ECU 通过加速踏板位置传感器等信号计算发动机的动力输出需求，然后输出控制信号至伺服电动机。伺服电动机接到信号后会作适度转动，经由一套蜗轮蜗杆机构、偏心轴、中间推杆和活塞顶上的摇臂改变进气门开启行程。驾驶人加速踏板踩得深（发动机负荷大），进气门开度便增大；加速踏板踩得轻（发动机负荷小），进气门开度则减小。

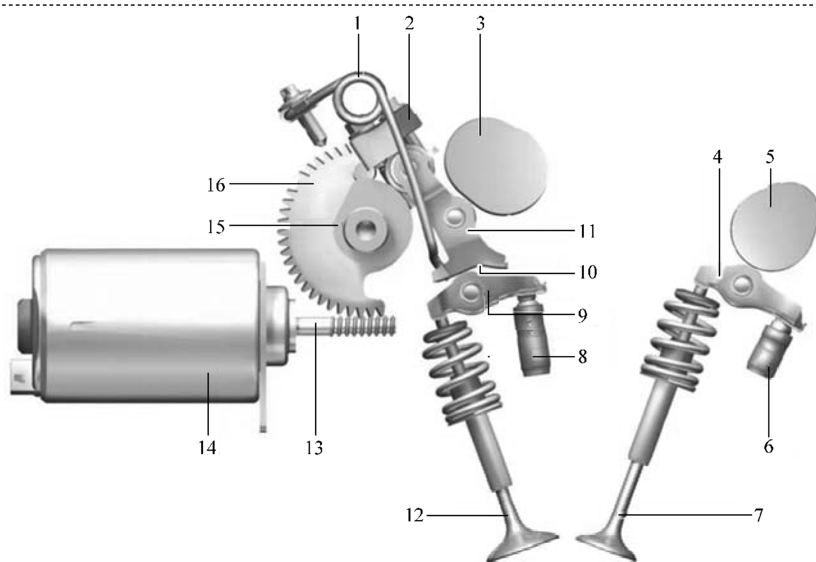
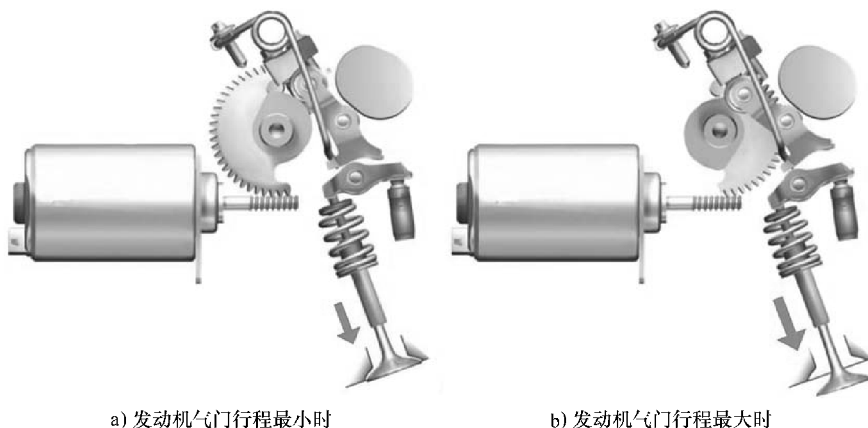


图 14-1　宝马 Valvetronic 系统结构示意图

1—扭转弹簧　2—固定架　3—进气凸轮轴　4—摇臂　5—排气凸轮轴
6—排气液压挺柱　7—排气门　8—进气液压挺柱　9—摇臂　10—斜台
11—中间推杆　12—进气门　13—蜗杆　14—伺服电动机　15—偏心轴　16—蜗轮



a) 发动机气门行程最小时　　b) 发动机气门行程最大时

图 14-2　宝马 Valvetronic 系统工作原理示意图

Valvetronic Ⅰ首次应用于宝马 N42 发动机，其中间推杆上还装有连接偏心轴的滑动轴承，气门行程为 0.3 ~ 9.7mm。Valvetronic Ⅱ则改善了进气门的行程范围。最大行程增至 9.9mm，而更重要的是最小行程降至 0.18mm。

图 14-3 展示了 Valvetronic 的调节范围。可看到进气侧的全可变气门行程（B）调节范围和 VANOS（A）调节范围。

特别提示：由于 Valvetronic 发动机怠速时的最小气门行程非常小，因此必须确保气缸进气均匀分布，所有气门的开启程度必须相同。分解气门机构时必须确保所有部件都安装到原来的位置，否则可能造成气缸进气分布不均匀，其后果是发动机运转不稳定。

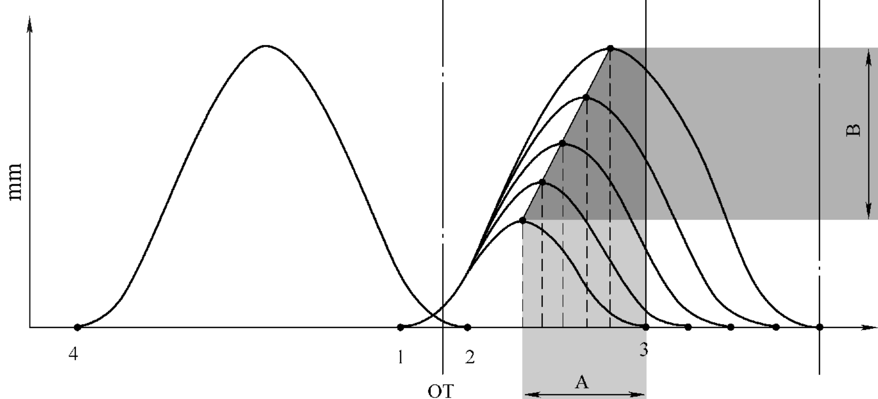


图 14-3　可变气门行程调节范围

1—进气门打开　2—排气门关闭　3—进气门关闭　4—排气门打开

A—VANOS 调节范围　B—气门行程调节范围　OT—上止点



实际操作

一、宝马 N13 发动机伺服电动机的更换

1）脱开伺服电动机上的插头连接 1，如图 14-4 所示。

2）松开电动机安装螺栓 1，如图 14-5 所示。

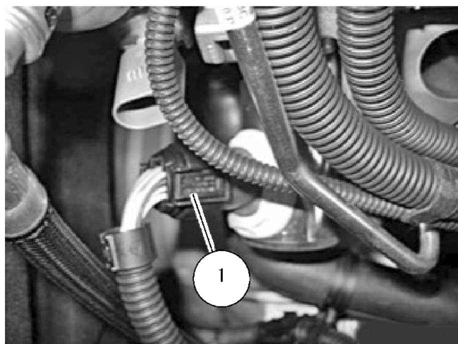


图 14-4　脱开伺服电动机插头

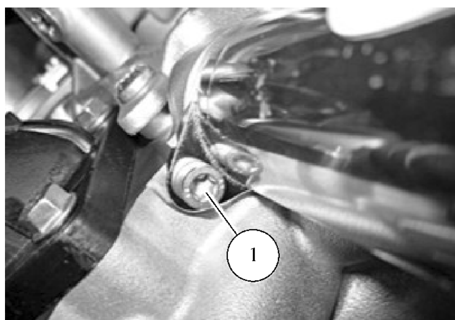


图 14-5　松开安装螺栓

3）捅穿伺服电动机 2 调整螺钉 1 上的防护膜。图 14-6 所示的螺钉上无防护膜。

4）用转换棘轮 1 与内六角扳手沿图 14-7 箭头所示方向旋转轴，并松开中间轴。

提示：轴不允许旋转过多，最大至终端位置即可。

5）拆下伺服电动机。

6）若轴封仍留在缸盖上，则用合适的工具向上撬出轴封 1，如图 14-8 所示。

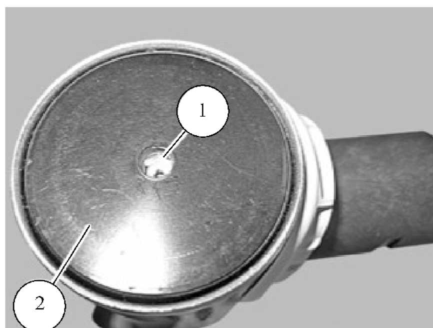


图 14-6　伺服电动机调整螺钉

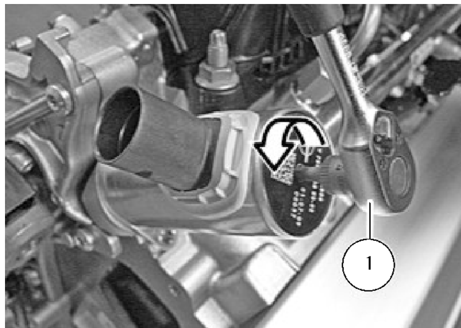


图 14-7　松开中间轴

7）将轴封 1 沿箭头方向拔下，然后更换，如图 14-9 所示。

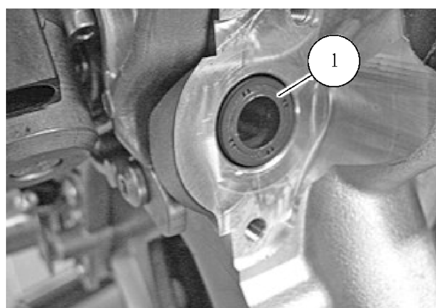


图 14-8　撬出轴封

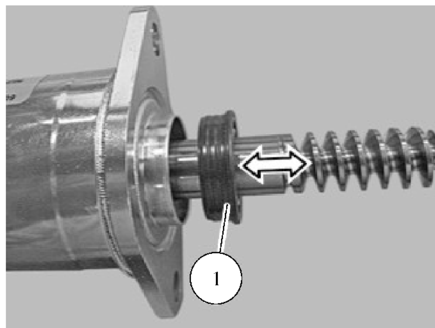


图 14-9　拔下轴封

8）将轴封 1 压入到电动机壳体上的极限位置处，如图 14-10 所示。

9）如图 14-11 所示，通过啮合中间轴沿箭头方向将伺服电动机 1 连同轴一起均匀地旋入极限位置。

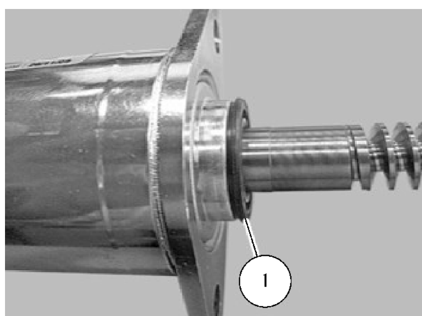


图 14-10　安装新轴封

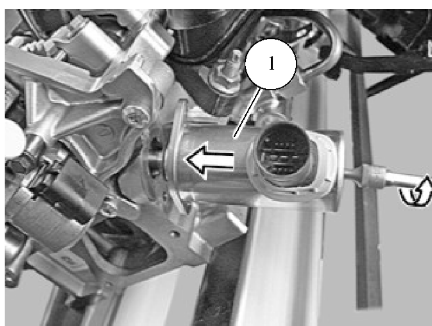


图 14-11　旋入伺服电动机

10）装入电动机安装螺栓并拧紧至规定力矩。

11）装配好发动机，检查发动机电控系统的功能是否正常。

二、宝马 N13 发动机中间杠（推）杆的拆装

1）拆下气缸盖罩。

2）拆卸发动机控制单元支架。

注意：气门复位弹簧（扭转弹簧）具有很高的预应力，其固定螺栓（图 14-12）只能用专用工具松开。

3）用转换棘轮 1 与内六角扳手沿图 14-13 箭头所示方向旋转轴，并松开中间轴。

提示：轴不允许旋转过多，至最大终端位置即可。

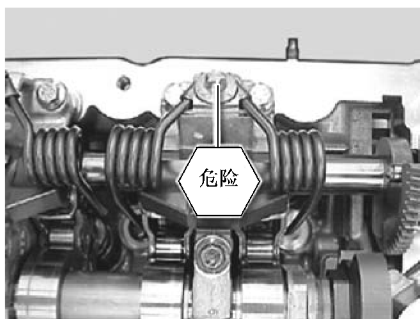


图 14-12　复位弹簧螺栓

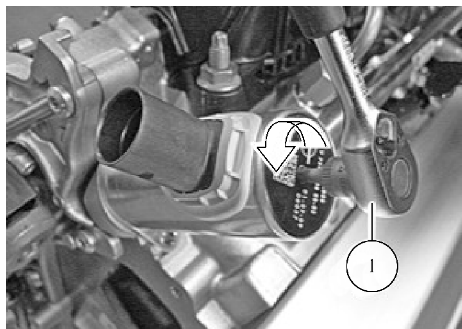


图 14-13　松开中间轴

4）如图 14-14 所示，用专用工具 11 7 110 在节气门复位弹簧上定位，然后用滚花螺钉 1 夹住节气门复位弹簧。

5）用操纵杆 1 将复位弹簧在专用工具上预紧，直到锁止挂钩（图 14-15 箭头）嵌入。

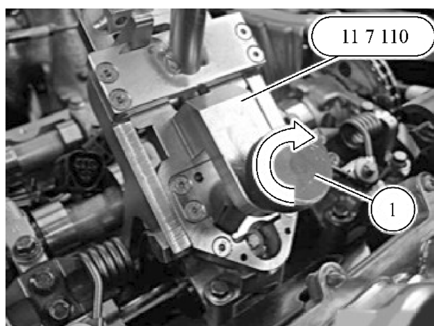


图 14-14　安装专用工具

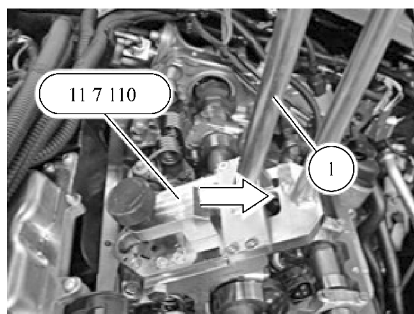


图 14-15　预紧复位弹簧

6）松开螺栓 1，如图 14-16 所示。

7）松开锁止挂钩（图 14-17 箭头），将专用工具从节气门复位弹簧上松开并取下。

8）如图 14-18 所示，用滚花螺钉松开节气门复位弹簧，将专用工具从节气门复位弹簧上松开并取下。

9）如图 14-19 所示，将节气门复位弹簧 1 向上拉动，并在末端上张开，直到节气门复位弹簧 1 能够通过滑块取下。

10）将节气门复位弹簧有序地放置。

11）如图 14-20 所示，松开螺栓 2 和定位螺栓 1，取下滑块并有序地放置。

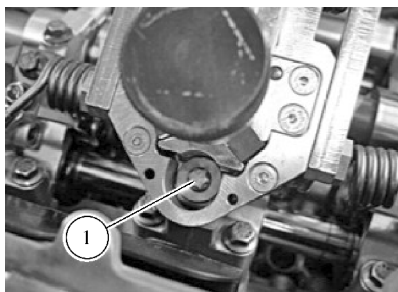


图 14-16　松开螺栓

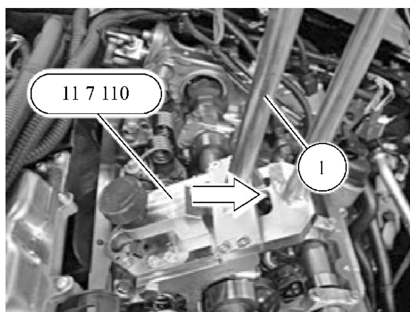


图 14-17　松开锁止挂钩

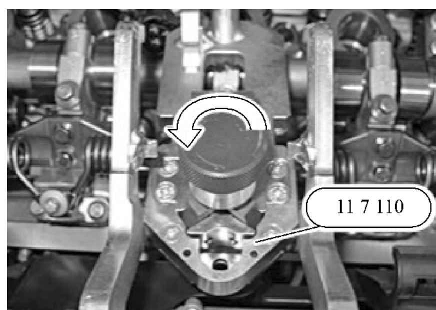


图 14-18　松开节气门复位弹簧

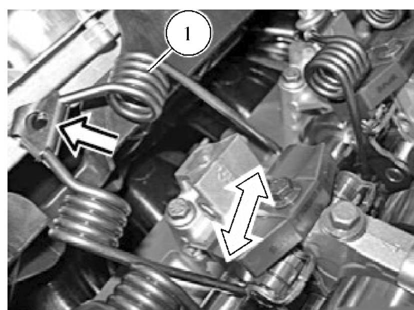


图 14-19　取下复位弹簧

12）将图 14-21 所示的中间杠杆 3 向上取下并按顺序放置。

13）如图 14-22 所示，所有中间杠杆都已分类。已安装的中间杠杆分类数值为 0 ~ 5。

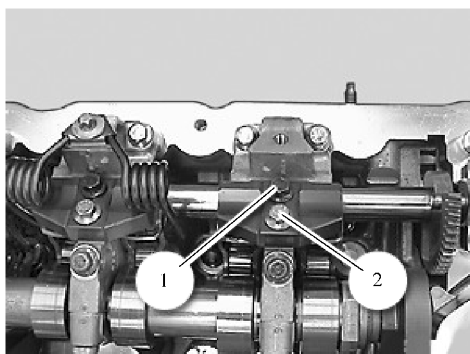


图 14-20　松开滑块螺栓

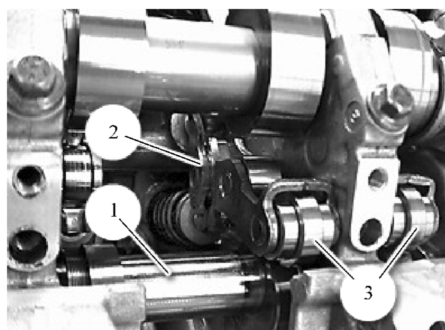


图 14-21　取下中间杠杆

14）装入中间杠杆 3，并注意凸轮推杆 2 的正确安装位置，如图 14-21 所示。

15）安装滑块，装入定位螺栓 1、螺栓 2，如图 14-20 所示。将两螺栓用 5N · m 的力矩拧紧，然后再将两螺栓重新松开 90°。

16）如图 14-23 所示，用专用工具（夹钳）预紧滑块 1，然后拧紧滑块 1 的两个螺栓。

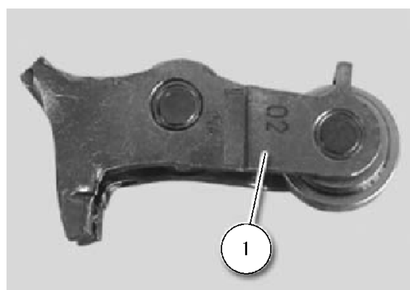


图 14-22　中间杠杆

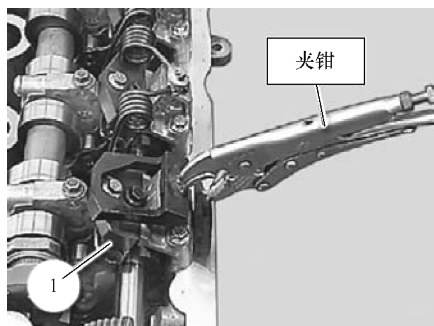


图 14-23　安装滑块

17）将节气门复位弹簧 1 定位在专用工具 11 7 110 上，如图 14-24 所示。

18）借助滚花螺钉 2 将节气门复位弹簧 1 夹紧在专用工具 11 7 110 上，如图 14-25 所示。



图 14-24　安装复位弹簧

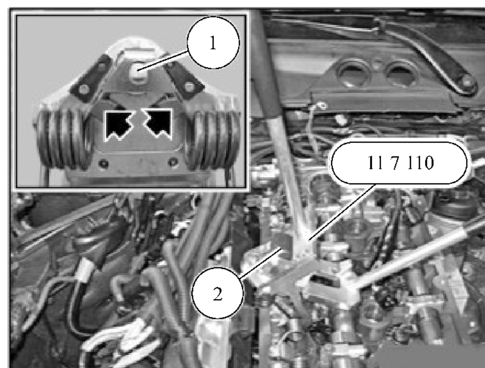


图 14-25　夹紧复位弹簧

19）将节气门复位弹簧用专用工具 11 7 110 预紧在安装位置上并定位，如图 14-26 所示。

20）如图 14-27 所示。将复位弹簧 2 装入中间杠杆 1 中。再次检查中间杠杆 1 和凸轮推杆 3 的正确安装位置。

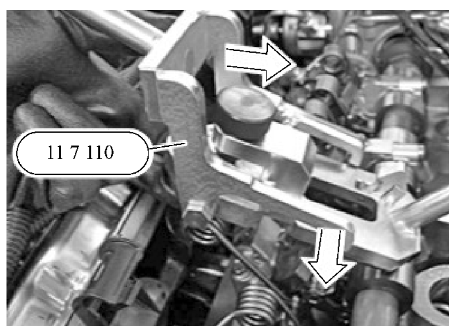


图 14-26　定位复位弹簧

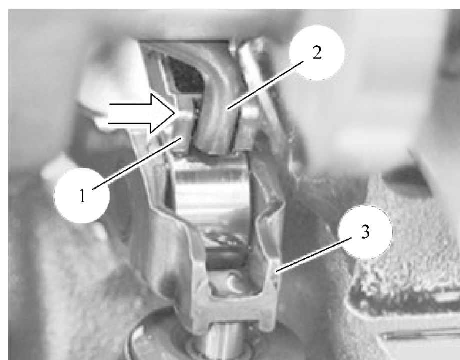


图 14-27　将弹簧装入中间杠杆中

21）对准节气门复位弹簧中心装入螺栓 1 并拧紧，如图 14-16 所示。
22）拆卸专用工具，装配好发动机。



你学会了吗?

1. 宝马 Valvetronic 电子气门发动机的特点是什么?
2. Valvetronic 电子气门控制系统是如何改变气门升程的?
3. 怎样更换 Valvetronic 系统伺服电动机?
4. 怎样更换 Valvetronic 系统中间推杆?

第 15 天

涡轮增压系统

学习目标

1. 了解涡轮增压系统的作用和工作原理。
2. 了解涡轮增压器的常见故障有哪些。
3. 学习涡轮增压发动机故障的检修方法。

基础知识

涡轮增压器是利用排气的能量来压缩进气，并将高密度的混合气送入燃烧室来增加产出功率的装置。汽车尾部如有带“T”的标志，如 1.5T，表示该车采用了排量为 1.5L 的涡轮增压发动机。发动机的涡轮增压器起动后，将会产生明显的动力提升。

发动机的增压方式有两种：一种是废气涡轮增压，另一种是机械增压。车用发动机多采用废气涡轮增压器，其结构如图 15-1 所示。涡轮增压器用四个螺母和螺柱固定在排气歧管上并用金属垫片密封，其工作原理是利用发动机排出的高温废气冲击增压器的涡轮

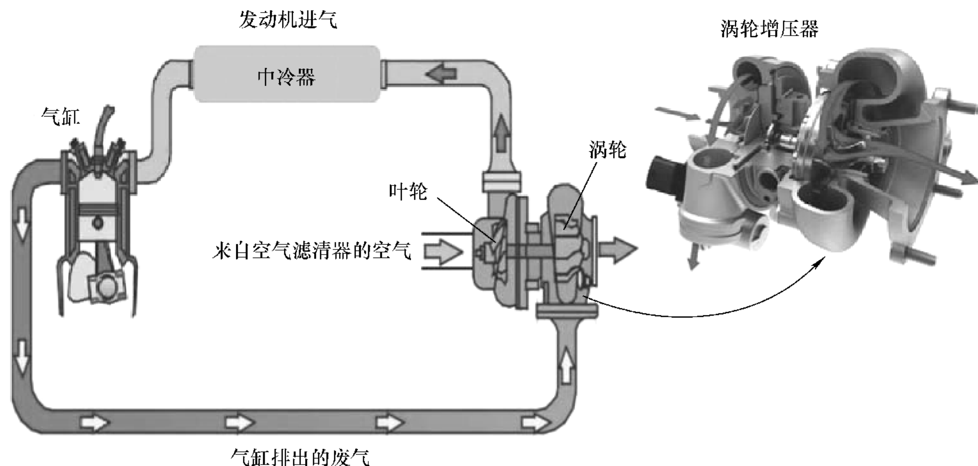


图 15-1　涡轮增压系统结构示意图

室，推动叶轮旋转，并带动与涡轮同轴安装的压气机叶轮转动，压送新鲜空气进入气缸。当发动机转速升高时，废气排出速度与涡轮转速也同步增快，压气机叶轮就能压缩更多的空气进入气缸，就可以燃烧更多的燃料，结果大大增加了发动机的输出功率。

涡轮增压系统包括了中冷器和废气旁通阀（泄压阀）。中冷器用来对增压后的压缩空气进行冷却，废气旁通阀用于调节增压压力。在发动机高转速时，进气管内会产生过高的空气压力和流量，导致出现气缸爆发压力过高及增压器超速。为避免出现这样的结果，增压发动机采用了旁通阀组件。在达到额定增压压力之前，废气旁通阀保持关闭状态。一旦达到额定的增压压力，废气旁通阀即被调节到额定/实际增压压力所需要的位置上。

如图 15-2 所示，GW4G15T 发动机涡轮增压器采用的是电控式旁通阀。发动机 ECU 检测进气压力，根据进气压力大小通过占空比信号控制增压压力控制器，使压气机侧的压力经增压压力控制器进入旁通阀，涡轮侧的旁通阀打开，部分废气经旁通阀直接进入排气管，涡轮转速下降，从而控制增压压力。

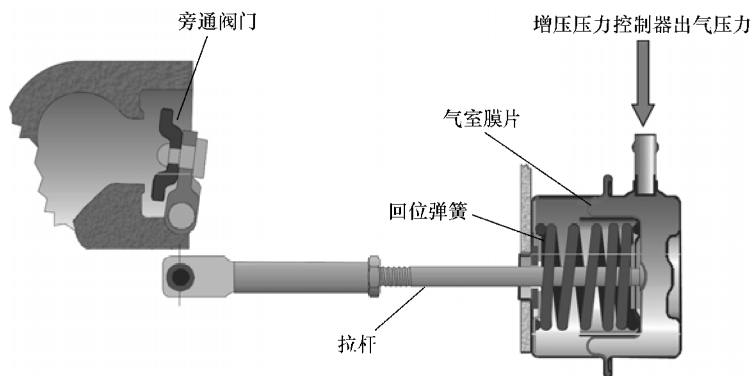


图 15-2　废气旁通阀及增压调节阀

机械增压器是利用发动机本身的动力（如通过传动带连接曲轴带轮）来带动一个压气机进行增压。相对传统涡轮增压技术，机械增压完全解决了节气门响应滞后，涡轮迟滞和动力输出突增现象，达到瞬时节气门响应，动力随转速线性输出，增加驾驶性能等效果。

如图 15-3 所示，机械式增压器有一个椭圆形的壳体，壳体内有两个螺旋状转子在转动。这两个转子由曲轴驱动，两个转子同步转动，但旋向相反，两个转子工作起来就像在“彼此啮合”。两个转子彼此之间以及其与壳体之间是密封的，只允许产生非常小的摩擦。增压器工作时，叶片和外壁之间的空气就被从空气入口（吸气侧）输送到空气出口（压力侧），并且产生较高的增压压力。

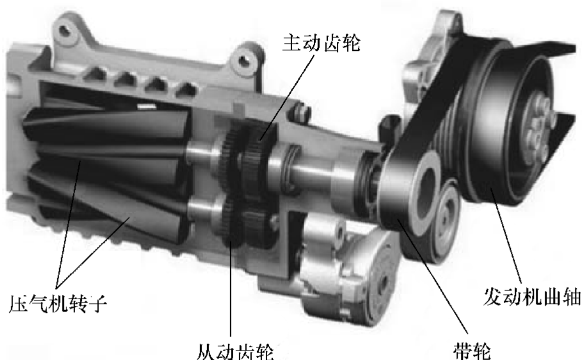
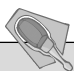


图 15-3　机械式增压器



维修案例

一、涡轮增压器的常见故障（GW2.8TC）

大多数涡轮增压器损坏的主要原因是：润滑系统的问题、外来物体的影响、工作温度过高、使用和保养不正确等。

（1）使用不清洁润滑油　不清洁润滑油进入增压器会导致转轴、轴承、轴承座圈的磨损，并破坏转子的动平衡，最后造成增压器损坏。如图 15-4 所示，机油中的杂质造成了轴承座孔和涡轮轴的磨损。



图 15-4　转轴和轴承座孔磨损

（2）润滑油不足　增压器润滑油有润滑和冷却功能，润滑油不足，首先影响的是冷却功能，导致增压器过热，烧坏转轴、轴承等，并破坏转子动平衡，最后导致增压器的损坏。如图 15-5 所示，润滑油不足使涡轮轴冷却不良而烧蚀。



图 15-5　涡轮轴烧蚀

（3）机油老化导致增压器损坏　如图 15-6 和图 15-7 所示，因机油老化结胶，使增压器的油路堵塞，老化的机油与涡轮轴黏附在一起，最后导致增压器运转阻力大，甚至卡死。

（4）使用劣质或变质的润滑油　如图 15-8 所示，因润滑油质量问题，增压器涡轮轴出现了较大的磨损。



图 15-6　增压器油路堵塞

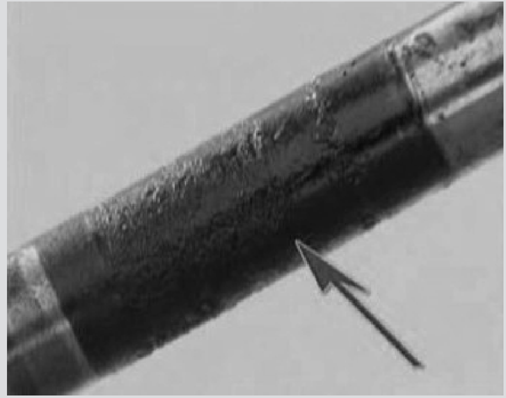


图 15-7　机油与涡轮轴粘黏



图 15-8　增压器涡轮轴磨损

（5）叶轮端面被异物损坏　如图 15-9 所示，这是由于异物从进气管或空气滤清器进入增压器壳造成的。



图 15-9　叶轮端面被异物损坏

二、GW2.8TC 增压器异响的检修

首先判定异响是气流声音还是增压器发出的声音。

1）如为气流声音，则检查增压器与进气系统、排气系统的密封性，如确定为密封性差，可重新装配。

2）对于增压器本身发出异响的，检查增压器外观是否完好、转子转动是否灵活、叶片有无擦壳现象。

按照如下方法检查增压器叶轮轴向间隙及转子轴际间隙是否超过极限值：

① 检查增压器叶轮轴向间隙的方法。如图 15-10 所示，使用千分表测量叶轮轴向间隙，在压气机叶轮端和涡轮叶轮端交替施加 0.12N 的力，标准间隙值在 0.06 ~ 0.09mm，极限值为 0.11mm，如轴向间隙超过极限值，可判定增压器损坏。

② 检查增压器叶轮轴与轴承间隙的方法。按照图 15-11 所示，安装好千分表，同时上下拨动叶轮及涡轮，测量间隙值，标准间隙值在 0.11 ~ 0.18mm，极限值为 0.215mm，如间隙值超过极限值，可判定增压器损坏。

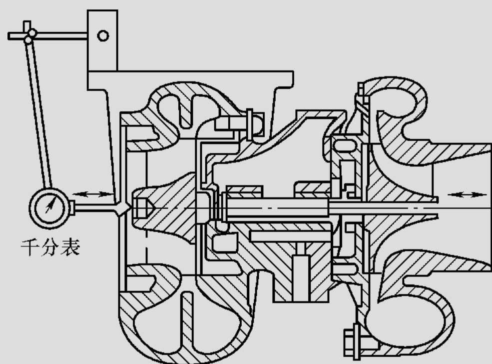


图 15-10　检查叶轮轴向间隙

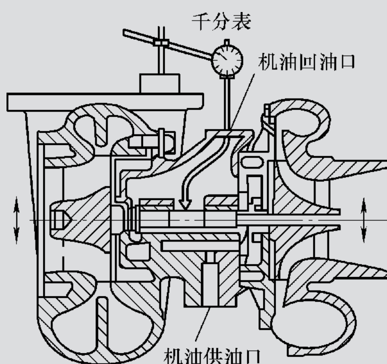


图 15-11　检查叶轮轴与轴承间隙

如不存在上述问题，则说明增压器本身状态良好。

三、GW2.8TC 加速无力的检修

1）首先排除油品问题及废气再循环系统故障导致的发动机加速无力。

2）排除了上述故障原因后，检查增压器转子是否转动灵活，叶片有无擦壳现象（图 15-12），排气阀是否变形（图 15-13），如不存在上述问题，可判定增压器无异常。

3）询问用户的驾驶习惯，是否在进行换档操作时保持发动机转速在 2000r/min，如用户在发动机转速较低时进行换档操作，并反馈动力性差的，可告知用户正确的驾驶习惯（在爬坡或加速时应保持发动机转速在 2000r/min 以上，因在换档操作时发动机转速会下降 200 ~ 400r/min）。

在遇到发动机动力性差问题时，最简单的办法是拆掉增压器，连接好自然吸气管路。

然后与未拆增压器之前的动力性进行对比，感到拆掉增压器后低速动力性提升，便可判定增压器存在故障。



图 15-12　叶轮叶片擦壳



图 15-13　排气阀变形



你学会了吗?

1. 涡轮增压系统起什么作用? 它是怎样工作的?
2. 发动机的增压方式有两种：一种是________，另一种是________。
3. 涡轮增压器的常见故障有哪些? 怎样避免?
4. 怎样检修增压器异响故障?
5. 怎样检修增压发动机加速无力故障?

第 16 天

废气再循环系统

学习目标

1. 了解废气再循环（EGR）系统的作用和工作原理。
2. 学习废气再循环系统故障的诊断和维修方法。

基础知识

废气再循环（EGR）系统，是针对有害气体（NO_x 等）设置的排气净化装置。废气中含有大量的 CO_2 和水蒸气等，CO_2 不能燃烧但能吸收热量，使温度下降，减少 NO_x 的生成。EGR 系统将适量的废气导入进气管，与新鲜空气混合后进入气缸燃烧，以增加混合气的热容量，降低燃烧时的最高温度，抑制 NO_x 等的生成。

废气再循环系统的控制原理如图 16-1 所示。真空调节器受 ECU 的控制，ECU 根据

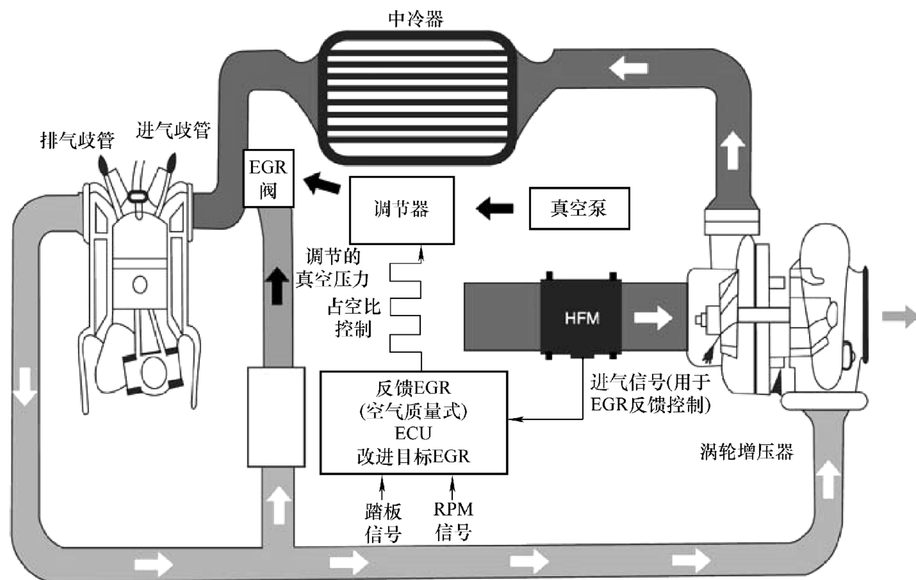


图 16-1　废气再循环（EGR）系统

当前发动机转速、冷却液温度、进气质量、发动机负荷等因素计算出当前所需的 EGR 阀开度，通过改变真空调节器电磁阀的通电占空比，调节由真空泵产生的真空。真空作用在 EGR 阀的膜片阀上，阀门克服弹簧的弹力，使 EGR 阀的开度产生线性的变化，满足发动机良好的排放控制和功率输出需求。

发动机中小负荷时，EGR 系统将一定量的废气引入燃烧室参与燃烧。怠速和小负荷时，为了维持发动机怠速工况稳定，且在怠速阶段氮氧化合物的排放量也比较低，所以怠速时不进行废气再循环。全负荷和高速时，为使发动机保持足够的动力性能，也不该进行废气再循环。

在 EGR 控制系统中，EGR 阀是关键部件。如图 16-2 所示，EGR 阀安装在废气再循环通道上，废气再循环通道的一端通排气门，另一端连接进气歧管。当 EGR 阀开启时，部分废气从排气门经废气再循环通道进入进气歧管，进行废气再循环。EGR 阀一旦关闭，废气再循环随即终止。当需要 EGR 时，ECM 操作 EGR 电磁阀，电磁阀允许真空到达 EGR 阀顶部。结果阀上升，废气可以通过再循环回到进气歧管。当不需要 EGR 时，ECM 切换 EGR 电磁阀，使通向 EGR 阀的真空管路连接到大气，阀关闭。

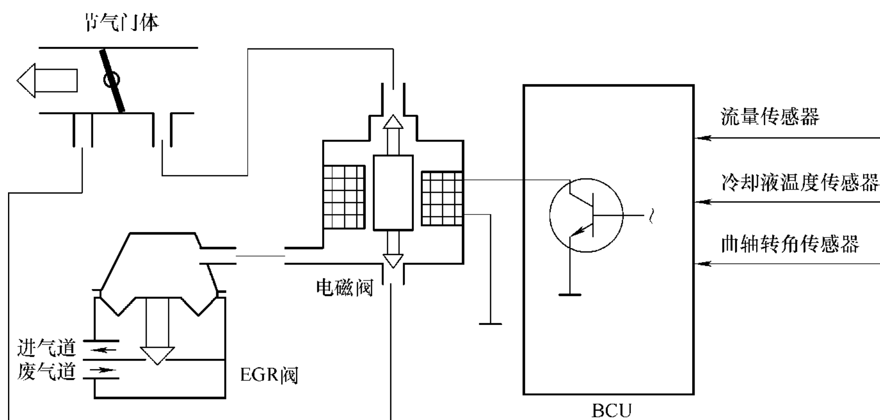


图 16-2　EGR 阀的控制原理

EGR 系统工作期间通过监测针阀位置反馈信号控制针阀位置，并根据冷却液温度、节气门位置和进气流量控制 EGR 针阀的位置。



实际操作

一、EGR 控制系统的检查

1）检查真空软管有无破损，接头处有无松动、漏气等。

2）起动发动机，使发动机怠速运转。在冷车状态下踩下加速踏板，使发动机转速上升至 2000r/min 左右，此时手指上应感觉不到 EGR 阀膜片动作（EGR 阀不工作）。在发动机热车（冷却液温度高于 80℃）后再踩下加速踏板，使发动机转速上升至 2000r/min左右，此时手指应能感觉到 EGR 阀膜片的动作（EGR 阀开启）。

3）把手动真空泵连接到 EGR 阀上，在怠速运转时施加 30kPa 或以上的真空度，检查发动机是否会熄火或怠速不稳。

二、EGR 电磁阀的检查

1）测量电磁阀电磁线圈的电阻，一般为 30～50Ω。

2）拔下与 EGR 电磁阀相连的各真空软管，从发动机上拆下 EGR 电磁阀。在 EGR 电磁阀的电磁线圈不通电和通电时分别检查各管口之间是否通气，其正常情况应如图 16-3所示。

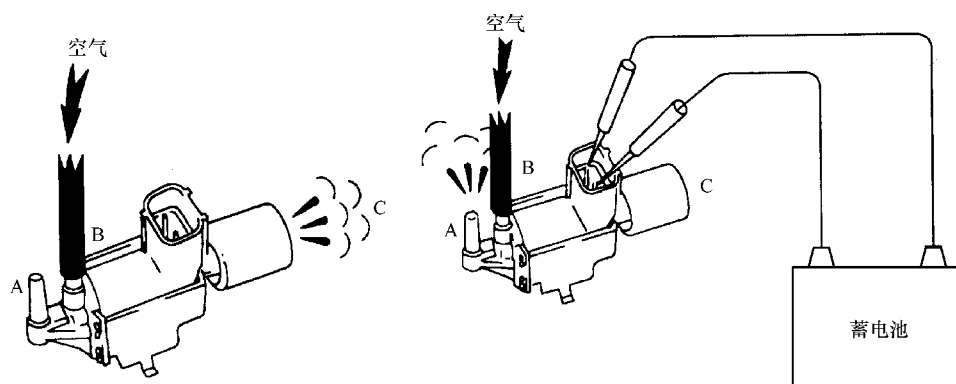


图 16-3　检查 EGR 电磁阀

A—真空管路　B—通往 EGR 阀　C—通大气压力

三、EGR 阀的检查

1）拆下 EGR 阀，并检查是否有卡死、积炭等状况。如果有，则使用适当的溶剂清洗阀门座。

2）如图 16-4 所示，用手动真空泵给 EGR 阀膜片上方施加约 25kPa 的真空度，EGR 阀应能开启；不施加真空度，EGR 阀应能完全关闭。

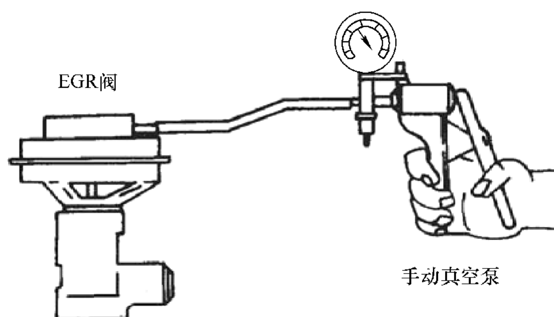
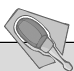


图 16-4　EGR 阀的检查方法



故障案例

一、长城哈弗汽车 EGR 系统故障维修

故障现象：

1）发动机异响，加油时阀体上有气外漏且伴有异常响声，造成加速无力。

2）发动机加速无力，无异响。

故障判断：

1. 加速无力判定

1）使用检测仪检测有无 EGR 阀故障码，如存在则测量 EGR 阀电阻。如检测电阻值异常，可判定为真空调节器故障，应检查其线路。

2）检查真空调节器线路、电阻无误后，拔掉真空调节器连接 EGR 阀的胶管，观察故障现象是否消失，如故障现象消失，可判定为真空调节器内部电磁棒卡滞造成，清洗真空调节器。

3）如拔掉胶管后故障现象依然存在，检查 EGR 阀积炭情况，如积炭过多则进行清洗。

4）清洗 EGR 阀后装车，拔掉胶管后再次验证，如故障现象消失可判定为真空调节器卡滞故障，进行清洗。

5）如清洗 EGR 阀后装车、拔掉胶管后故障现象依然存在，可排除真空调节器故障，排查其他方面因素。

2. 异响判定

1）如存在发动机异响，异响声音为哨音，且随着发动机转速的升高，声音增大，检查排气连接弯管、EGR 阀处的金属垫片是否存在密封不严现象，如确为此处漏气，更换密封垫片，重新装配即可。

2）如经步骤 1）检查，未发现垫片漏气故障，可起动发动机，检查异响声音来源，如提升发动机转速时 EGR 阀响声明显，用手按住 EGR 阀明显感到振动，拆下 EGR 阀清洗后故障仍然存在，可判定 EGR 阀内部损坏，更换 EGR 阀，如 EGR 阀膜片碎裂，可在 EGR 阀通气孔位置观察到蓝烟。

处理办法：

1）在拆解、清洗过程中，如确定为 EGR 阀积炭过多导致，清洗积炭即可。

2）如因 EGR 阀膜片碎裂导致的加速无力、异响，更换 EGR 阀即可。

3）如果 EGR 阀阀体杆部断裂，则更换 EGR 阀。

二、本田雅阁 EGR 电磁阀引起的起动困难

故障现象：一辆本田雅阁轿车，起动困难、怠速不稳、加速发抖，冷车时故障现象较为严重。其发动机故障指示灯有时常亮。

故障诊断与排除：

1）经检查发现，在不踩加速踏板的时候起动较为困难，踩下一点加速踏板后比较容易

起动，但是起动后一抬脚发动机就熄火。如果起动后一直踏住加速踏板，过一段时间后再慢松加速踏板，发动机还可以运转，但怠速不稳定，在 450～650r/min 之间来回游动，真空度在 47～55kPa 变动，加速到 2500r/min 以上一切正常。

2）首先对进气系统进行了检查和清洗。检查结果为进气系统各管路连接完好，无泄漏、堵塞现象，节气门位置传感器和怠速控制阀工作良好。

3）用故障诊断仪对发动机电控系统进行了检查。读取的故障码为 P0131——氧传感器电路电压过低。拆下氧传感器，表面并无积炭，测各导线连接可靠，说明氧传感器正常。但氧传感器反馈电压始终小于 0.45V，说明混合气过稀。拔下冷却液温度传感器线束插头，接上一个变阻器调到 4～8kΩ（加一个 4～8kΩ，相当于 0℃时增加喷油量），再一次测试发现氧传感器反馈电压接近 0.9V，进一步说明氧传感器正常，只是混合气过稀。

4）测量燃油压力为 285kPa，正常。拆下喷油器清洗后故障依旧，故障码也只有 P0131。拔下其他传感器测试，能够读取到相应故障码，说明 ECU 没问题，肯定是漏气引起。对进气系统及相连接的真空管逐一检查还是未发现异常。又对 EVAP、EGR 系统进行排查，当拔下 EGR 阀上的真空管后，发动机怠速上升到 1000r/min，真空度也上升并稳定在 68kPa。

5）起动后拔下 EGR 阀上的真空管，用手堵住该管感到有真空吸力，在正常情况下此时是没有真空吸力的。正因为有真空吸力导致废气在怠速工况下循环，从而导致混合气太稀，怠速不稳。于是拔下 EGR 控制电磁阀线束插头，发现上述真空管依然有真空吸力（不通电时 EGR 控制电磁阀切断 EGR 阀到 EGR 真空控制阀的管路），说明 EGR 控制电磁阀有故障。

6）进一步检查发现 EGR 控制电磁阀比较脏，于是用化油器清洗剂清洗并滴入两滴干净的机油，装复后故障排除。



你学会了吗?

1. 废气再循环系统的作用是什么? 它是怎样工作的?
2. 怎样排除 EGR 系统的故障?
3. 怎样检查 EGR 电磁阀和 EGR 阀。

第 17 天

曲轴箱通风系统

学习目标

1. 了解曲轴箱强制通风系统的作用和工作原理。
2. 掌握 PCV 阀的检查方法。
3. 了解曲轴箱通风不良的原因及检修方法。
4. 了解曲轴箱通风的定期维护内容。

基础知识

发动机工作时，总有一部分可燃混合气和废气经活塞环窜到曲轴箱内，窜到曲轴箱内的汽油蒸气凝结后将使机油变稀，性能变坏。由于可燃混合气和废气窜到曲轴箱内，曲轴箱内的压力将增大，机油会从曲轴油封、曲轴箱衬垫等处渗出而流失。

曲轴箱通风包括自然通风和强制通风，现代汽油发动机常采用强制式曲轴箱通风，又称 PCV 系统。当发动机工作时，从活塞与气缸壁之间窜出的废气与油底壳内的机油蒸气混合后，通过缸体、缸盖上的通风孔进入气门室罩盖，通过迷宫时，一部分机油蒸气凝结在迷宫表面，最终流回油底壳。其余的废气则在进气歧管真空度的作用下通过油气出口、PCV 阀软管、PCV 阀进入进气歧管。长安之星 JL 474 发动机的曲轴箱通风管路如图 17-1 所示。

曲轴箱通风系统的工作原理如图 17-2 所示。PCV 阀安装在发动机气门室盖前侧，当负载小时，PCV 阀打开，这使新鲜空气从摇臂盖的后方进入曲轴箱。窜气与新鲜空气在曲轴箱内混合，并通过摇臂盖和 PCV 控制阀流入进气歧管。当负载大时，窜气还从新鲜空气进气口排出，它通过进气道进入进气歧管。窜气进入进气歧管前，通常要先经过油气分离器，以分离机油并使其回流至油底壳中。

如图 17-3 所示，PCV 阀就是在进气歧管真空度的作用下，通过改变自身的开度控制进入进气歧管的废气量，从而控制曲轴箱的压力，使其保持在微负压范围内。

1）在发动机节气门部分开启时，进气歧管通过 PCV 阀吸入曲轴箱窜气。正常情况下，PCV 阀的通气量足够完全吸入曲轴箱窜气和少量通风空气。通风空气从进气管吸入曲轴箱。在这个过程中，空气流过进气管与摇臂室盖的连接软管。

2）在节气门全开时，进气歧管的真空度不足以打开 PCV 阀并吸入曲轴箱窜气，气流将按相反的方向流过连接软管。

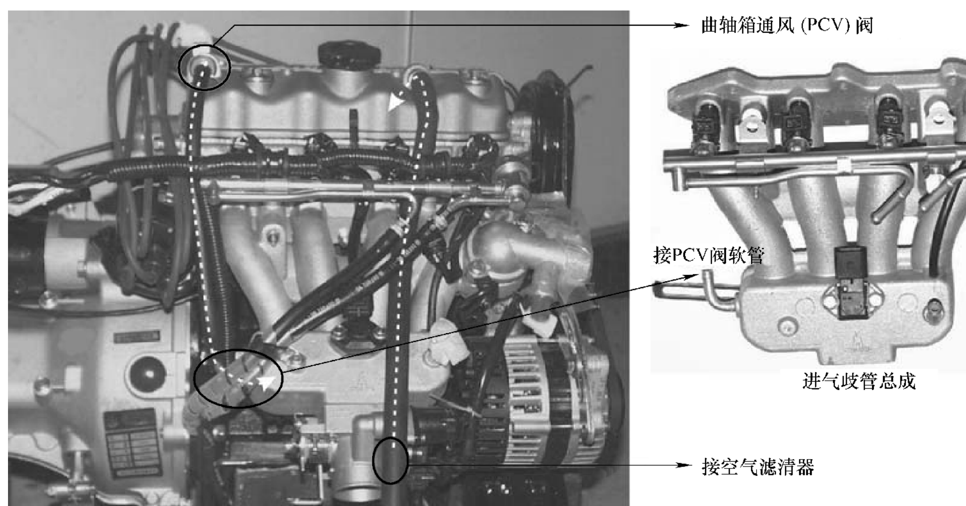


图 17-1　JL474 发动机 PCV 管路

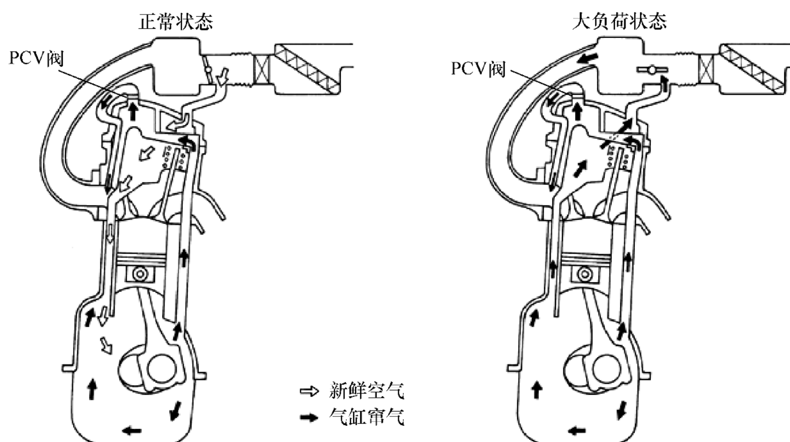


图 17-2　曲轴箱通风系统工作原理

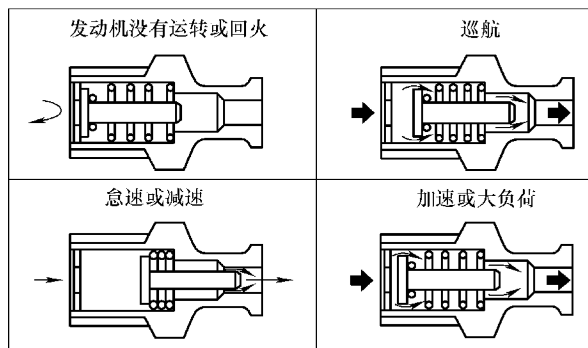


图 17-3　PCV 阀的工作情况



一、PCV 阀的检查方法（日产发动机）

曲轴箱强制通风（PCV）阀的检查方法如下：

当发动机怠速运转时，从气门室罩上拆下 PCV 阀。工作正常的阀在气流经过时会产生“嘶嘶”的噪声。当手指放在阀入口处时，会立刻感觉到很强的真空压力，如图 17-4 所示。

二、本田飞度 PCV 阀的检查

1）拆下线束托架 A，如图 17-5 所示。

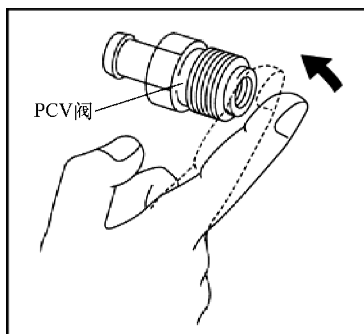


图 17-4　PCV 阀的检查方法

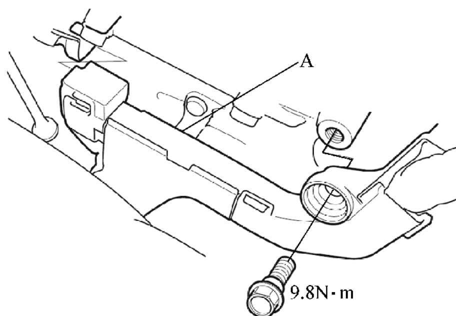


图 17-5　拆下线束托架

2）检查 PCV 阀 A、软管 B、管 C 和连接处是否泄漏或堵塞，如图 17-6 所示。

3）如图 17-7 所示，怠速时，用手指或钳子轻轻挤压曲轴箱强制通风阀 A 和进气歧管间的软管，确认曲轴箱强制通风阀会发出“咔嗒”的声音。

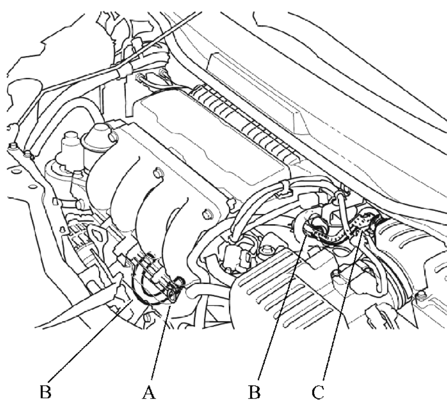


图 17-6　检查 PCV 管路

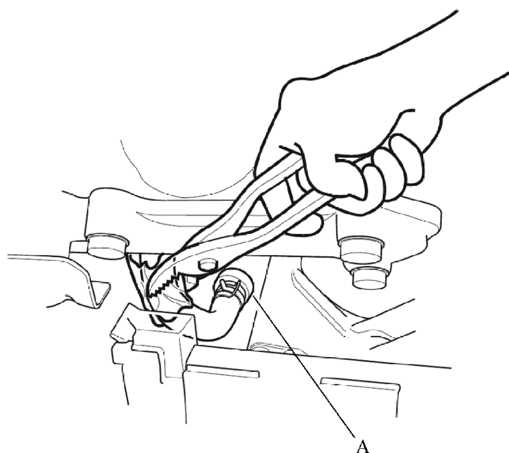


图 17-7　检查 PCV 阀工作情况

4）如果无“咔嗒”声，检查 PCV 阀垫圈是否断裂或损坏。如果垫圈正常，更换 PCV 阀并重新检查。

三、曲轴箱通风不良的原因及检修

（1）单向阀堵塞　发动机怠速时靠阀端小孔通风，堵塞后怠速时通风系统失去作用，应定期维护清洗，保证随时畅通。

（2）弹簧弹力失效　工作中单向阀不能开启，通风面积不适合发动机工况需要，应予更新。

（3）单向阀装反或漏装　通风装置失去作用，从而影响进气管内的混合气空燃比，而使发动机工作不正常（尤其是无怠速），甚至造成从加机油口等处，向外喷出油气及有关结合部位渗油。

（4）安装不妥　维护修理时如将曲轴箱通风装置后挺杆室盖弯管接头上的密封垫圈漏装或其位置装错，会导致弯管接头尾端与拦油板距离太近，甚至接触而引起堵塞，造成曲轴箱通风系统工作失效。遇此情况应予拆检修复。

四、曲轴箱通风的定期维护

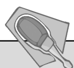
1）定期检查各通气管道，尤其是抽气管的连接是否牢靠，有无漏气或堵塞。发动机怠速运转时，用肥皂水涂抹于各接合处，观察是否有漏气之处。

2）检查单向阀是否处于良好的技术状况（尤其察看单向阀是否发卡、漏气和堵塞），必要时清除积炭，清洗疏通。

3）机油加注筒上的小空气滤清器要适时清洗维护，清除油胶和尘污，不得使用布团等物堵塞而影响曲轴箱的空气对流。

4）定期维护发动机空气滤清器，对于封闭式 PCV 系统，要确保空气滤清器内的 PCV 滤清器畅通无阻，使其经常处于良好的工作状态。

特别提示：曲轴箱通风系统的早期故障不易发现，这就需要定期检查维护；同时必须熟悉通风系统的结构、工作原理和故障特征，以保证发动机拥有良好的工作性能。



维修案例

迈腾 1.8TSI 曲轴箱通风系统故障造成混合气过稀

故障现象：迈腾 1.8TSI 发动机故障指示灯点亮。

故障诊断与排除：

1）用 VAS5052A 对车辆系统进行自诊断，发现故障码：00369 P0171 000，其含义是 B1（第一缸所在的那列气缸）混合气过稀。

2）起动发动机，读取发动机数据流，发现空气流量传感器数据与节气门开度数据均小于正常值，在发动机怠速时，空气流量值为 1.7g/s，节气门角度为 1.2%。但在相同的工况下，正常车的空气流量值为 2.1g/s，节气门角度为 3.9%。

3）根据分析认为空气流量传感器检测到的进气量小于实际进气量，说明可能有漏气的地方。

4）检查发动机进气系统所有可能产生漏气的地方，例如进气管、增压器、进气歧管等，未发现故障。

5）考虑到燃油蒸发与排放控制系统也会引入未经直接测量的外界气体，切断燃油蒸发系统到进气歧管的管路后试车，故障依旧。

6）对于曲轴箱通风系统，可能产生故障的部件为缸盖上的精油气分离器（油雾分离器），以试驾车部件更换试验，试车后确认故障排除。



你学会了吗?

1. 曲轴箱通风系统有什么作用? 它是怎样工作的?
2. 怎样检查 PCV 阀的工作情况?
3. 曲轴箱通风不良的原因有哪些? 怎样检修?
4. 曲轴箱通风系统的定期维护内容有哪些?

第 18 天

燃油供给系统

学习目标

1. 了解燃油供给系统的功用、组成和工作原理。
2. 学习燃油泵总成的拆卸和安装方法。
3. 学习燃油箱的拆卸和安装方法。
4. 掌握燃油供给系统的检测方法。

基础知识

一、燃油供给系统的作用与组成

发动机通过释放存储在燃油内的能量获得驱动车辆的动力，而燃油供给系统的作用是向发动机及时供给各种工况下所需要的燃油量。如图 18-1 所示，燃油供给系统一般由燃油箱、电动燃油泵、输油管、燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油导轨和喷油器等组成。

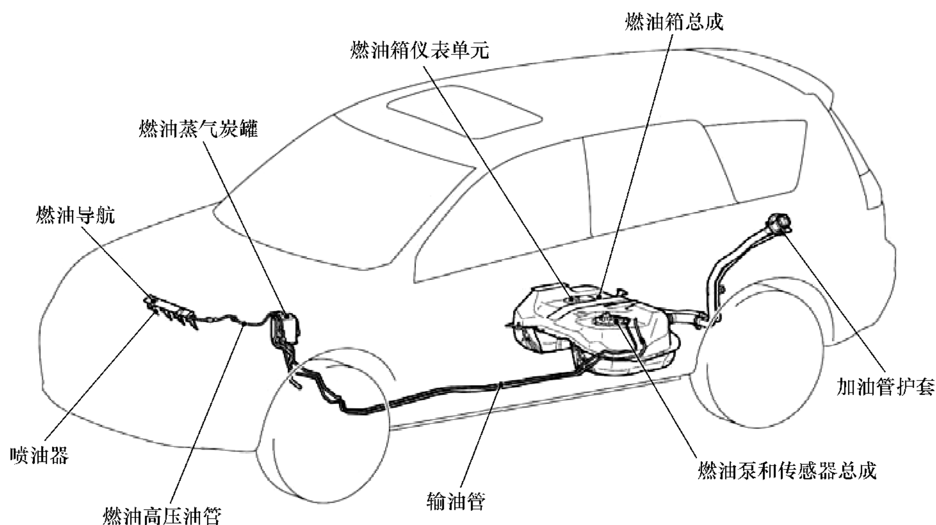


图 18-1　燃油供给系统在车上的布置

二、燃油供给系统的工作原理

发动机的燃油供油系统如图 18-2 所示，其工作原理是：输油泵从燃油箱中抽出燃油，经过燃油滤清器过滤后输送至燃油导轨，喷油器安装在发动机和导轨之间，由发动机 ECU 驱动其定时定量喷射雾状燃油，与空气混合后进入气缸进行燃烧。调压器用来调节燃油压力，多余的燃油从回油管返回至燃油箱。

现代电控发动机大多采用多点燃油顺序喷射系统，发动机的每个气缸都采用一个喷油器，由电控单元（ECU）控制进行分缸单独喷射，即按各缸的工作顺序向各缸喷射燃油。经过加压后的汽油直接喷射到各缸的进气门前方（进气道），再与空气一起进入气缸形成混合气。

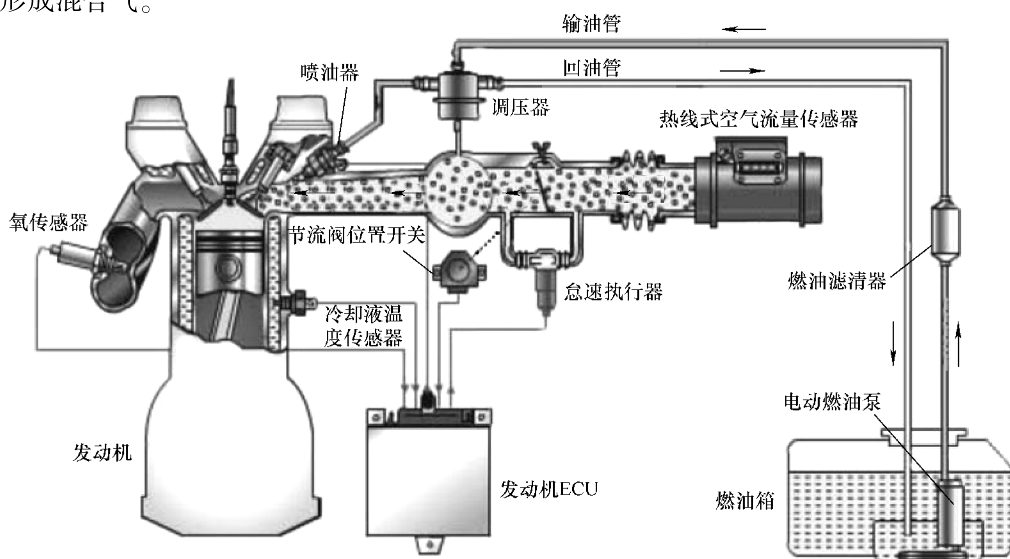


图 18-2　燃油供油系统

三、燃油泵与燃油箱

燃油泵的作用是把汽油从燃油箱中抽取出来，经燃油滤清器过滤后输送到压力调节器，再送往发动机燃油导轨，并保持一定压力。燃油余量传感器则是通过浮子随油面的摆动来检测燃油箱中剩余的燃油量，然后将电压信号发送给汽车仪表。

如图 18-3 所示，燃油泵总成由上盖、电动燃油泵、燃油传感器、燃油滤清器（内置集成式）和滤清器外壳等组成。燃油泵安装在滤清器外壳内，上盖的顶端设有与汽车喷油管路相连接的输油管和与发动机线束相连的燃油泵电气接插件。

打开点火开关时，燃油泵会先工作 2s，使燃油管路内充满有压力的燃油，以便顺利起动车辆。发动机起动后，燃油泵就处于接通状态，电控单元经一个外部的燃油泵继电器接通燃油泵供电线路。

燃油箱起的作用是储存燃油（汽油），汽车燃油箱储备的油量一般可供汽车行驶几百

公里。燃油箱安装在汽车底部，是个几十升大小的容器。燃油箱一般设有两个出口：一个是我们直接可以看到的燃油加注口，一个是用来安装燃油泵和燃油计量装置（燃油泵总成）的出口。燃油泵总成通常直接装到燃油箱里，这样，电动燃油泵就浸没在汽油中了。

燃油箱是个相对密闭的系统，燃油箱上通常设有通风装置，以防止随着油量的过度消耗而在箱内与大气的压力差的作用下变形。早期的燃油箱大多由金属材料制成，后来多改用合成材料（多层塑料）以满足轻量化及结构设计的要求。

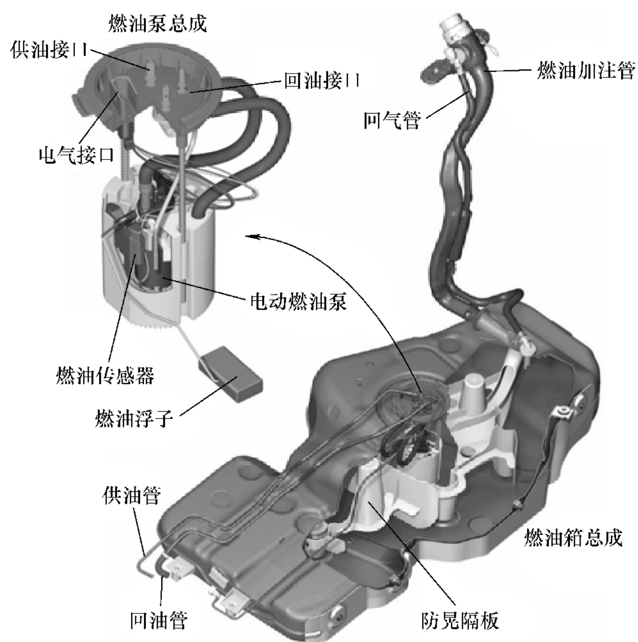


图 18-3　燃油箱和燃油泵总成

四、喷油器与燃油导轨

燃油导轨安装在进气歧管或缸盖上，它的作用是安装喷油器并将压力燃油分配给各个喷油器，如图 18-4 所示。燃油导轨与喷油器之间用 O 形圈和卡环密封，O 形圈可防止燃油渗漏，并具有隔热和隔振的作用。卡环将喷油器固定在燃油导轨上。喷油器根据发动机 ECU 发出的喷油脉冲信号，适时适量地向发动机气缸喷射燃油。喷油器喷射的雾状燃油与空气混合后形成混合气，被送到气缸。为了获得最佳的空气－燃油混合比，利用 ECU 来调节喷射时间和喷射量。

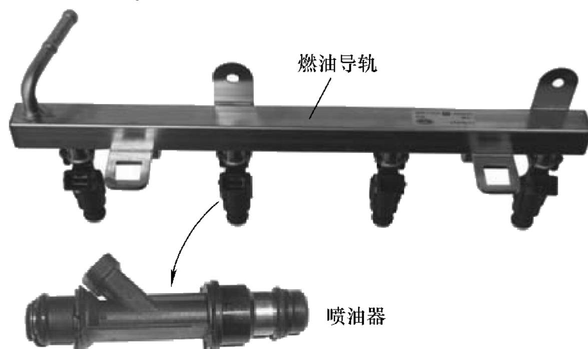


图 18-4　喷油器与燃油导轨

燃油压力调节器安装在燃油导轨上，其作用是保持燃油压力与进气管压力之间的压力差恒定，维持稳定的汽油压力，且在压力过高时，多余的汽油可经回油管返回至燃油箱。

燃油压力调节器的结构如图 18-5 所示，它有一个金属外壳，一个膜片将内部空间分成弹簧室（上腔室）和燃油室（下腔室）。燃油泵输送的燃油从进油口进入并充满燃油室，弹簧室经一通气管与节气门后部的进气管相通，内有一螺旋弹簧对膜片施加一个作用力，燃油室直接与供油管路相通。

当输入的汽油压力高于弹簧预紧力与进气管压力之和时，汽油推动膜片，向上压缩弹簧，打开回油阀，部分汽油流回油箱，油压降低；当输入的汽油压力低于弹簧预紧力与进气管压力之和时，回油阀关闭，油压升高。

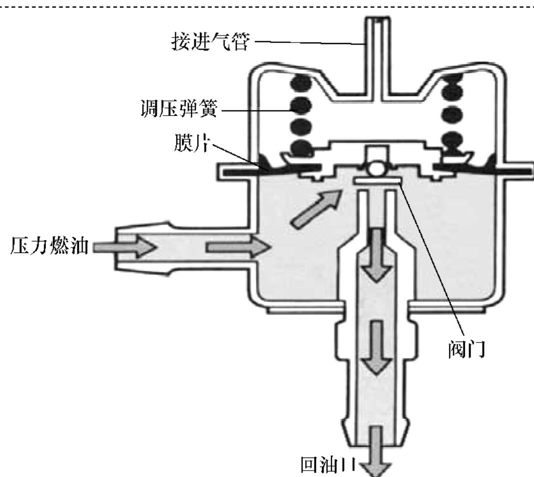


图 18-5　油压调节器结构示意图



实际操作

一、东风风神轿车燃油泵的拆装方法

按如下步骤拆卸燃油泵：

1）断开蓄电池负极电缆。

2）翻转后座垫，如图 18-6 所示。



图 18-6　翻转后座垫

3）用一字螺钉旋具从边缘轻轻拨开燃油泵堵盖（右侧较大的堵盖），如图 18-7 所示。

4）脱开插接器；按住绿色卡扣按钮，脱开供油管接头；按住白色卡扣按钮，脱开回油管路接头，如图 18-8 所示。

5）用油箱燃油泵盖扳手拆卸固定环，如图 18-9 所示。

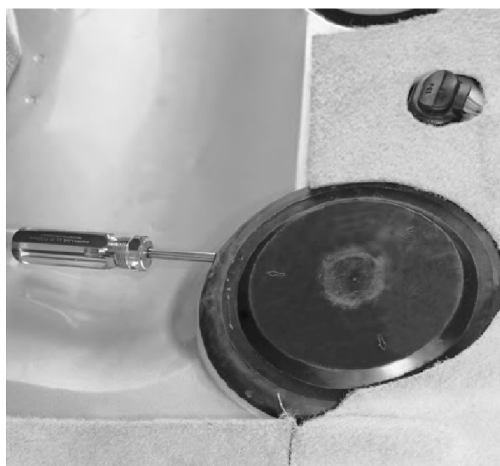


图 18-7　拔开燃油泵堵盖

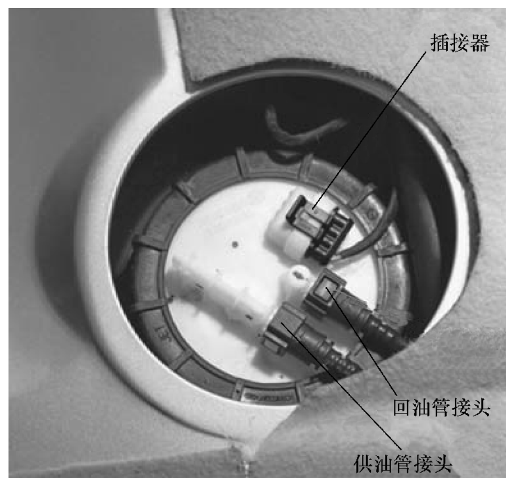


图 18-8　脱开插接器和油管接头

6）拆卸燃油泵固定盖，取下燃油泵固定盖。

7）拔开固定点“a”处和“b”处的卡扣，向外抽出燃油泵总成，如图 18-10 所示。

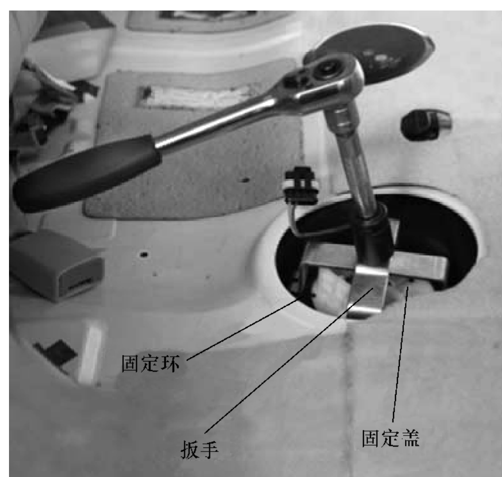


图 18-9　拆卸固定环和固定盖

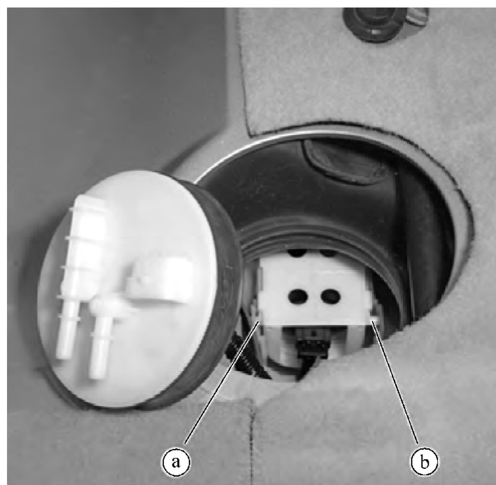


图 18-10　松开卡扣

按如下步骤安装燃油泵：

1）将密封圈从燃油泵盖上取下，先将密封圈安装在燃油箱上，如图 18-11 所示。

2）将燃油泵总成装入燃油箱中，将泵体向里推，再向下将其卡扣锁好，如图 18-12 所示。

3）重新安装插接器。

4）连接供油管接头和回油管接头。

5）用燃油箱燃油泵盖扳手拧紧固定环，如图 18-9 所示。

6）装上燃油泵堵盖。



图 18-11　安装密封圈

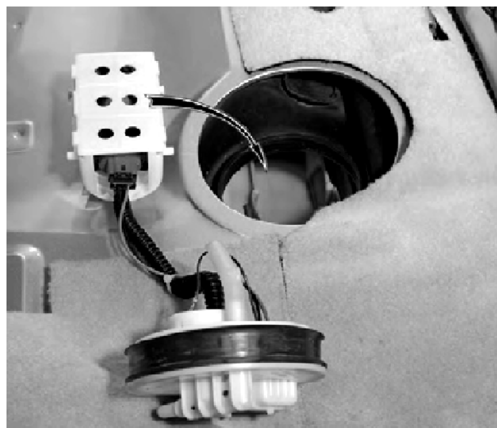


图 18-12　装入燃油泵总成

7）翻转回后座垫。

8）连接蓄电池负极电缆。

二、本田飞度燃油箱的拆装方法

1）释放燃油压力。

2）拆下前中央扶手箱。

3）断开驻车制动开关线束 A，如图 18-13 所示。

4）将通道板 A 从地板上拆下，如图 18-14 所示。

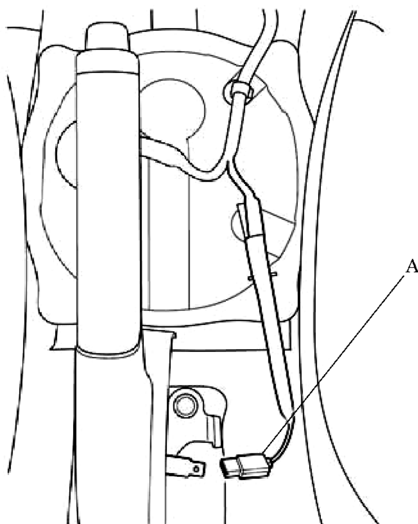


图 18-13　断开驻车制动开关线束

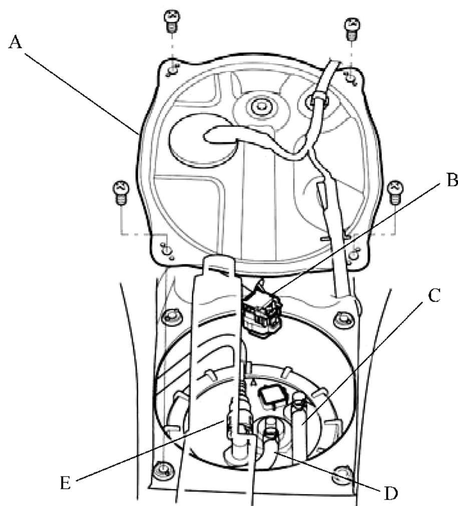


图 18-14　拆下通道板

5）断开燃油箱单元（燃油泵总成）4 针插接器 B。

6）从燃油箱单元上断开吸油管 C、燃油蒸气软管 D 和快速连接插头 E。

7）使用专用扳手松开锁紧螺母 A，如图 18-15 所示。

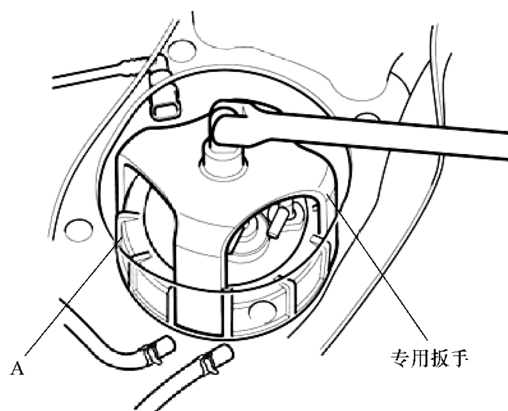


图 18-15　松开锁紧螺母

8）拆下锁紧螺母和燃油箱单元。

9）使用手持泵、软管和适宜装燃油的容器，将燃油从燃油箱中抽出。将燃油排至油量少于一半。

特别提示：如果燃油箱油量在操作前就少于一半，则可不用拆下燃油箱单元进行抽油。

10）重新安装燃油箱单元。

11）用举升机举升车辆。

12）拆下隔热板 A 和中间地板前横梁 B，如图 18-16 所示。

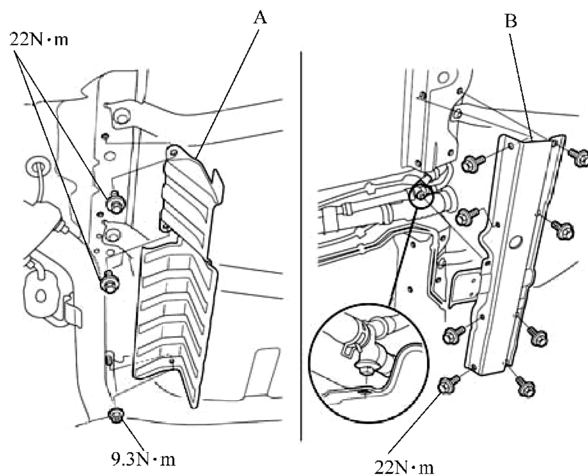


图 18-16　拆下隔热板

13）断开燃油加注软管 A、吸油管 B，并打开卡夹 C，如图 18-17 所示。滑回卡夹，拉出时扭动软管以防将其损坏。

14）在燃油箱 A 下放置一个千斤顶或其他支撑装置，然后拆下箍带螺栓 B，如图 18-18所示。

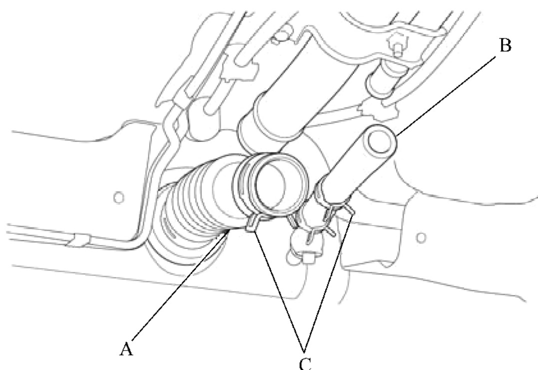


图 18-17　断开燃油加注软管

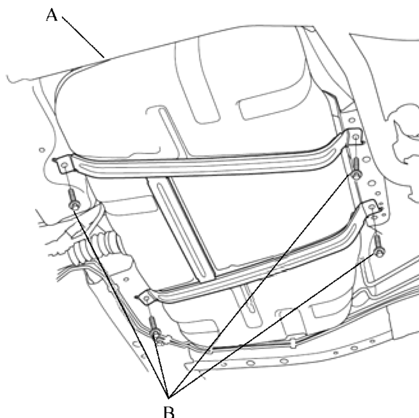


图 18-18　拆下燃油箱

15）拆下燃油箱。

16）按照与拆卸相反的顺序安装零件。

三、燃油供给系统的检测

1. 燃油供给系统压力的卸除

为便于再次起动，在熄火后，汽油喷射发动机燃油系统内仍保持有较高的残余压力。在拆卸燃油系统内任何元件时，都必须首先释放燃油系统压力，以免系统内压力油喷出，造成人身伤害或火灾。燃油系统压力卸除的方法如下：

1）关闭点火开关。

2）拆卸燃油泵继电器或熔丝，也可拔下燃油泵导线插头。

3）起动发动机，使其处于怠速状态。由于管路中燃油压力下降，发动机运行不久后将会自动停止。

4）再次起动发动机 2～3 次，利用起动喷射卸除油管中残余压力。

5）关闭点火开关，装上油泵继电器或熔丝或电动油泵导线插头。

6）使用诊断仪删除与燃油泵系统相关的故障码（DTC）。

注意：在执行“释放燃油管路内剩余压力”操作后，可能仍然有剩余的压力，分离任何燃油连接点时用毛巾盖住软管连接处，防止剩余的燃油溢出。

2. 燃油供给系统压力的预置

在拆开燃油系统进行维修之后，为避免首次起动发动机时，因系统内无压力而导致起动时间过长，应预置燃油系统残余压力。燃油系统压力预置可通过反复打开和关闭点火开关到 ON 位置来完成。

3. 燃油压力的检测

通过检测燃油系统压力，可诊断燃油系统是否有故障，进而根据检测结果确定故障性质和部位。检测时需用专用油压表和管接头，检测方法如下：

1）释放燃油管路内的剩余压力。

2）安装汽车专用汽油压力表。压力表一般安装于汽油滤清器的出油口或燃油分配管的进油口处，带测压口的车辆可将燃油压力表连接至测压口处。

3）将点火开关转到 ON 位置，检查燃油是否泄漏。

4）起动发动机，检查燃油是否泄漏。

5）读取燃油压力表上的读数，如图 18-19 所示。

怠速时：燃油压力一般为 0.25MPa（250kPa）或符合车型技术规定。



图 18-19　怠速时的燃油压力

6）检测怠速工作压力时，拔下真空管时油压应上升至 0.3MPa，如图 18-20 所示。否则，应更换油压调节器。

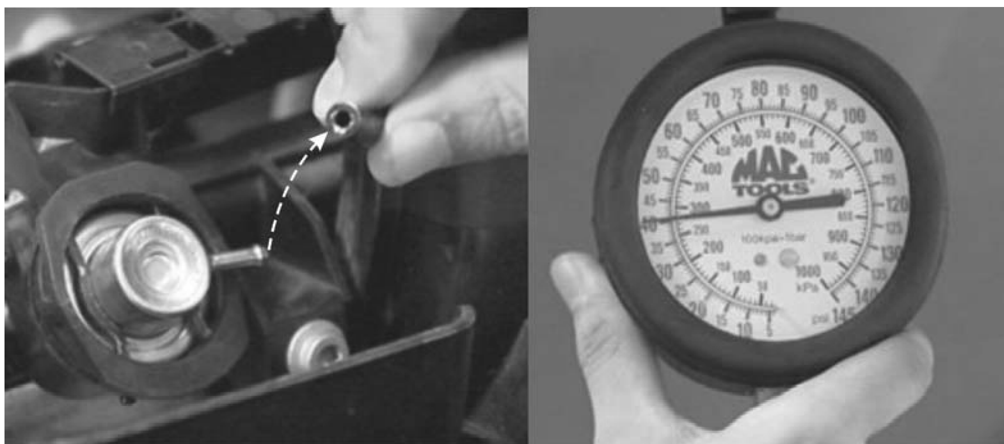


图 18-20　拔下真空管时的燃油压力

7）停止发动机，检查燃油压力表读数的变化。发动机停止后 5min 内压力表读数应不变。

4. 喷油器的检测

1）怠速下，用听诊器听喷油器工作时的动作声音是否异常（滴答声）。

2）如图 18-21 所示，拔下喷油器插头，把数字万用表调到电阻档，两表笔分别接喷油器 1 号和 2 号端子。20℃时，两端子之间的电阻一般为 11 ~16Ω。



图 18-21　测量喷油器电阻

3）拆下喷油器，检查喷孔周围和阀座表面有无汽油胶质，如图 18-22 所示。如有，则彻底清洗喷油器。

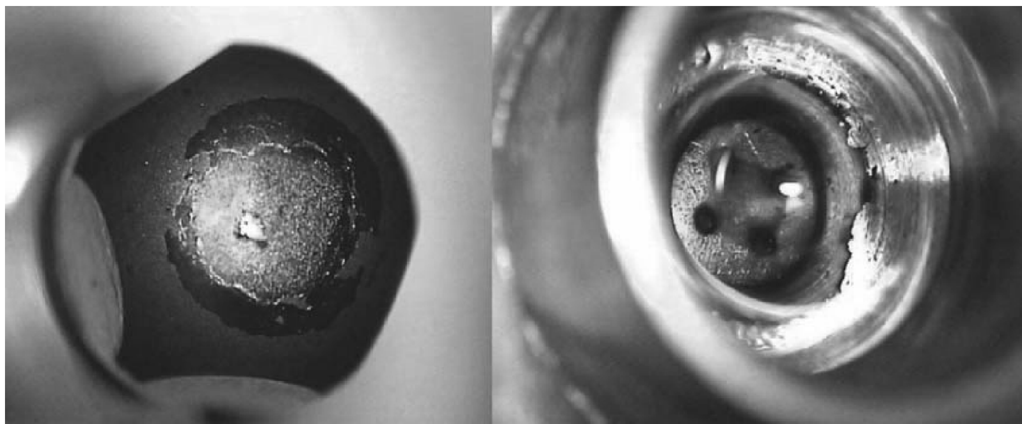


图 18-22　喷油器上的汽油胶质

5. 燃油泵工作情况的检查

1）将点火开关转至 OFF 位置。

2）向燃油泵检查端子提供蓄电池电压，检查燃油泵工作情况。实际操作时，参考维修手册内有关燃油泵检查端子的说明。

3）倾听燃油箱附近的燃油泵工作声（燃油泵内置于燃油箱内，在不拆卸燃油加油口盖的情况下不容易听到其工作声）。

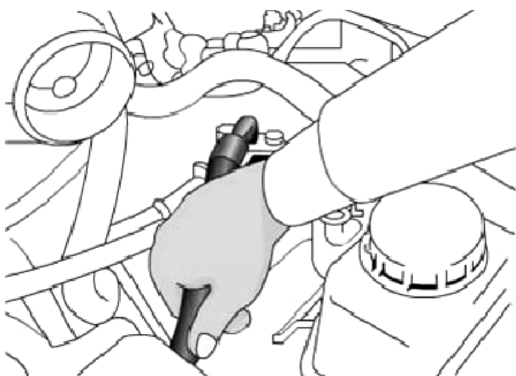
4）如图 18-23 所示，用手捏发动机的进油软管，检查是否能感受到燃油压力。

5）若听不到燃油泵的工作声音或进油管无压力，应检修或更换燃油泵。

6）若有燃油泵不工作故障，且上述检查正常，应检查燃油泵电路导线、继电器、易熔线和熔丝有无断路。

6. 电动燃油泵的检修

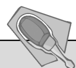
1）用万用表电阻档测量电动燃油泵两接线端子（1 和 2）之间的电阻，其值应为 2 ~ 3Ω（20℃ 时），否则应更换电动燃油泵。


图 18-23 用手夹紧进油软管

2）将电动燃油泵与蓄电池相连（正、负极不得反接），并使燃油泵尽量远离蓄电池，每次通电时间不得超过 10s。如果电动燃油泵不转动，则应予以更换。

3）记录电动燃油泵工作时间和供油体积，供油量应符合车型技术要求。一般经汽油滤清器过滤后的供油量为（0.6 ~1）L/30s。

4）检查燃油泵进油滤网。杂质和胶质较多时会影响电动燃油泵的泵油量，严重时会导致电动燃油泵无法吸油，此时需清洗油泵滤网和汽油箱。电动燃油泵滤网破损后应更换电动燃油泵总成。



故障案例

捷达 ciX 汽车加速不畅故障

故障现象：一辆普通型捷达电喷车，行驶里程为 220000km，出现加速不顺畅，超车困难。

故障诊断与排除：

通过 V. A. G1552 诊断，故障原因为燃油系统混合气太稀。通过 V. A. G1552 读取测量数据块（1 –01 –08 –003）发现测量数据一切正常。而造成此车加速不良、发动机动力不足的原因只有两个，一个为燃油系统压力不足，另一个为点火系统（火花塞、高压线）故障。

通过实践经验可以判断该车故障的主要原因是燃油泵压力不足。通过 V. A. G1318 测量此车油压在 150kPa 左右，且急加速时，油压在 100kPa 左右，很显然是燃油压力不足造成的。更换一个新燃油泵，再测一下燃油压力为 240kPa，拆掉油压调节器真空管后，燃油压力一下达到 300kPa，一切正常。通过试车，故障排除。



你学会了吗?

1. 燃油供给系统的作用是______________________________。

2. 燃油供给系统由哪些部件组成？它是怎样工作的？
3. 燃油导轨上通常安装有________和________。
4. 怎样拆装燃油箱中的燃油泵？
5. 怎样卸除燃油管路中的残余压力？
6. 燃油供给系统的检测内容有哪些？

第 19 天

高压燃油直喷系统

学习目标

1. 了解高压燃油直喷系统的特点、结构与工作原理。
2. 学习高压油泵的拆卸和安装方法。
3. 学习高压喷油器的拆卸和安装方法。

基础知识

传统汽油发动机都是采用缸外喷射，汽油和空气在进气歧管内混合，然后被负压吸入缸内。而直喷发动机由于缸内压力较大，因此，是通过高压喷油器将高压燃油喷入气缸的。

大众 EA888 发动机的燃油系统如图 19-1 所示。高压燃油系统由单向的，按需预供的低压燃油部分供给燃油，供给燃油的压力在 350 ~ 600kPa。在低压油泵将燃油送到高压油泵之后，高压油泵可以将汽油加压到最大 15MPa 的压力，并将其送入油轨。高压油泵通常是由凸轮轴带动，内部则由双头或者三头凸轮加压。在高压油泵上还集成了压力调节器 N276，它是一个由发动机 ECM 控制的电磁阀，ECM 以脉冲宽度调制（PWM）的方式控制油压调节器，油压调节器控制着高压燃油泵的进口阀，从而控制燃油压力。这种按需调节的燃油泵供油使燃油泵的能耗降低到较低的水平，从而降低了耗油量。

如图 19-2 所示，高压燃油系统的主要组成部分是燃油高压油泵、燃油压力调节阀、高压燃油压力传感器、高压喷油器、油管和燃油管路等。

燃油高压油泵是通过装在排气凸轮轴末端上的一个四边形的凸轮来驱动的。凸轮通过一个滚柱推杆来驱动泵的活塞，这样就减小了摩擦力和由链条输送的力。使机件的磨损小，发动机运行时产生的噪声小，并降低了燃油消耗。

新的高压燃油系统取消了过压阀门，取而代之的是装在机械油泵中的一个调节阀门，这个阀门在 20MPa 的压力下开始开启，并且将燃油送回到低压管路中去，这样就阻止了零部件因为过压而造成的损坏。

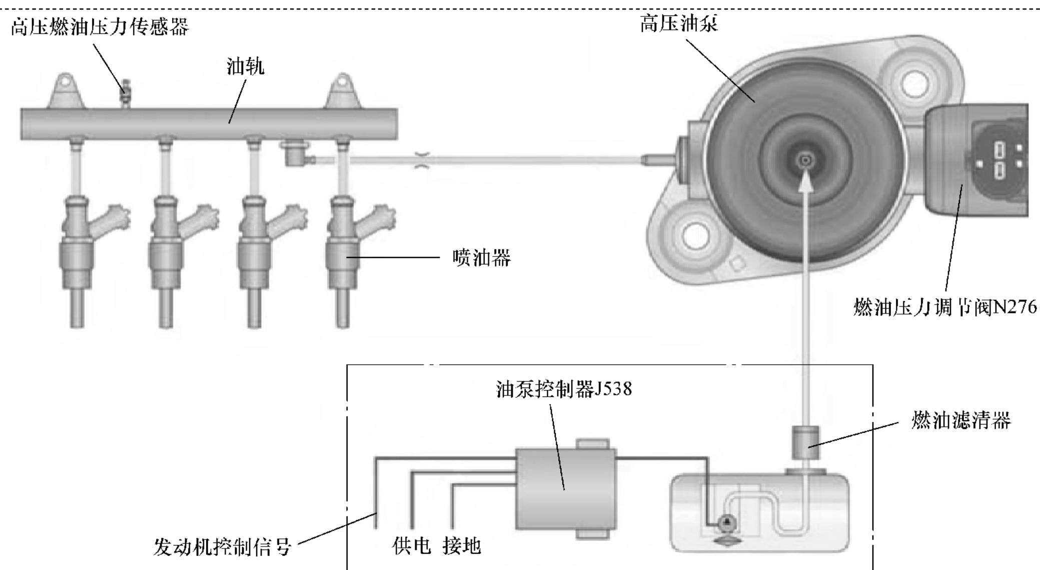


图 19-1　高压燃油系统

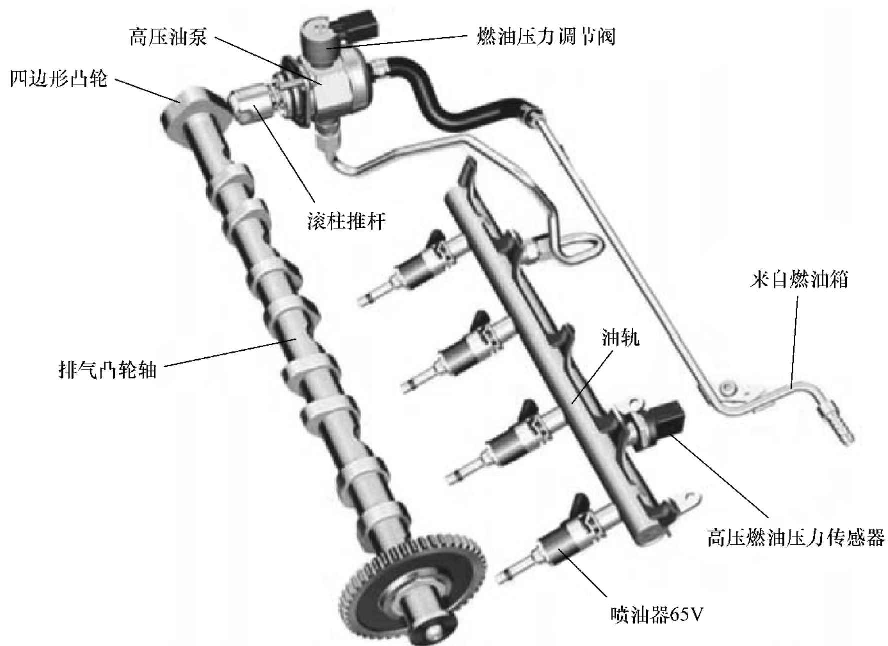


图 19-2　高压燃油系统的组成

高压循环系统中的压力是通过调节阀 N276 进行调节的，这个阀门位于机械高压泵中。高压燃油系统中的压力可以根据发动机的负荷控制在 5～15MPa。发动机控制器通过压力传感器能够识别到每个时间点的分配器管道中的压力，调节阀 N276 可以对其进行调节，使其与高压循环中的系统压力相匹配。

采用高压燃油系统的缸内直喷发动机的特点是喷油器安装在气缸盖上，将汽油通过

高压直接喷入气缸内，如图 19-3 所示。缸内直喷的优点是压缩比高、耗油量低、升功率大，但制造成本稍高。

由于喷射压力提高，燃油雾化更加细致，真正实现了精准地按比例控制喷油并与进气混合，并且消除了缸外喷射的缺点。同时，喷嘴位置、喷雾形状、进气气流控制，以及活塞顶形状等特别的设计，使油气能够在整个气缸内充分、均匀地混合，可实现稀薄燃烧、分层燃烧及均质燃烧，从而使燃油充分燃烧，能量转化效率更高。

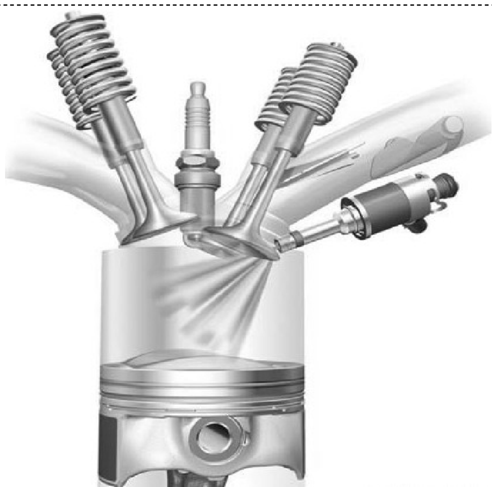


图 19-3　缸内直接喷射



实际操作

一、高压油泵的拆卸和安装（大众途观）

1）燃油系统有高压，在打开系统之前请务必将燃油压力降下来。

特别提示：在打开高压部件之前，例如拆卸机械式高压油泵、燃油分配器、喷油器、燃油管或燃油压力传感器之前，必须将高压范围内的燃油压力降低至约 400 ~ 700kPa。

① 如图 19-4 所示，用拆卸工具 T10118 将插头从燃油压力调节阀 N276 上拔下。

② 起动发动机并怠速运转约 10s。

提示：通过将插头从燃油压力调节阀 N276 上拔下，在怠速运转状态下，燃油压力将会从约 5MPa 降低到约 400 ~ 700kPa。

③ 关闭点火开关。

④ 在消除了高压后可以打开高压系统，但必须收集流出的燃油。

注意：出于安全考虑，当未断开蓄电池连接时，必须在打开燃油系统之前将熔丝 SB21 从燃油泵控制单元 J538 上拆下，因为燃油泵是通过驾驶人车门的接触开关激活的。

2）向上脱开发动机舱盖 1，如图 19-5 所示。

3）用专用工具 T10355 将曲轴转到 1 缸上止点，如图 19-6 所示。

4）松开弹簧卡箍（箭头），拔下供油软管 1，如图 19-7 所示。

5）旋出燃油管的锁紧螺母 2。

提示：旋出锁紧螺母时，使用一个扳手反向把持住高压油泵上的高压管路的连接件。

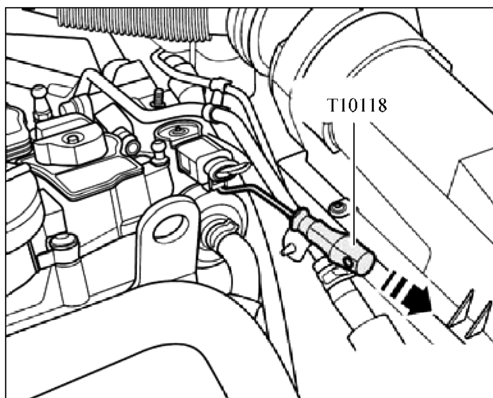


图 19-4　拔下燃油压力调节阀插头

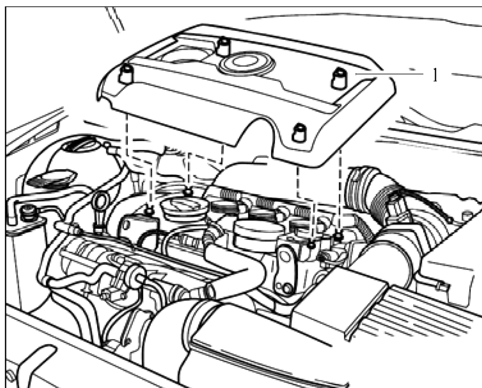


图 19-5　拆下发动机舱盖

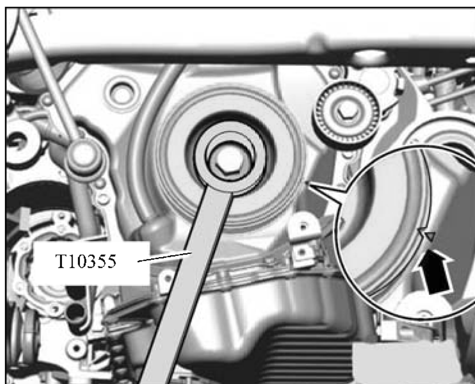


图 19-6　转到 1 缸上止点

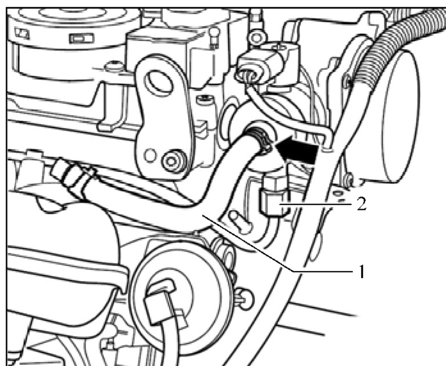


图 19-7　断开高低压油管

6）拔下燃油压力调节阀 N276 的插头 2，如图 19-8 所示。

7）旋出高压油泵固定螺栓（图 19-8 中箭头所示）。

8）小心地取出机械式高压油泵 1（轴套可能会卡在真空泵中）。

9）更换机械式单活塞高压油泵的 O 形圈。

10）检查轴套是否损坏，如有必要，应更换。

11）将轴套插入真空泵中（注意凹槽）。

12）将机械式单活塞高压油泵小心地装入真空泵中。

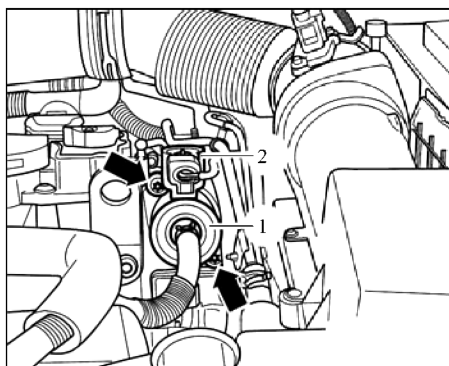


图 19-8　取出高压油泵

13）用手拧紧螺栓。

14）然后将螺栓用所需的力矩以交叉方式拧紧（拧紧力矩：10N · m）。

15）将燃油供油管路的锁紧螺母拧紧。

16）将燃油供油软管安装在机械式单活塞高压油泵上。

17）将燃油压力调节阀 N276 的连接插头重新插上。

18）如果熔丝被拔下，则将其重新插上。

二、高压喷油器的拆卸和安装

1）向上脱开发动机舱盖。

2）拆下带燃油分配器的进气管。

如果喷油器卡在燃油分配器管道内，则从燃油分配器管道内小心地拉出喷油器。如果喷油器卡在气缸盖内，则按后面的步骤拆卸。

3）用清洁的布密封进气通道。

4）如图 19-9 所示，拆下限位支撑环 A 并脱开喷油器上的插头（箭头）。

提示：拆卸喷油器时，必须将限位支撑环 6 从喷油器上拆下，以便可以将拉出工具 T10133 /2A 导入到喷油器 3 的切口中，如图 19-10 所示。

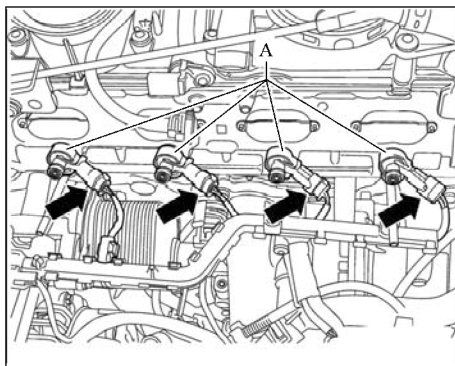


图 19-9　脱开喷油器插头

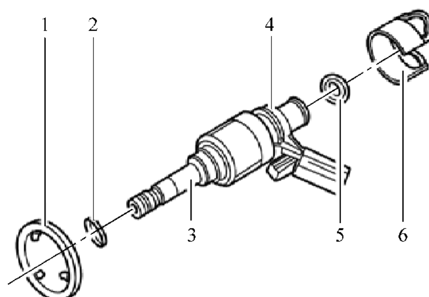


图 19-10　高压喷油器

1—径向补偿件（损坏时更换）　2—燃烧室密封环（更换，在安装时不得给环上油或用其他的润滑剂进行处理）　3—喷油器　4—隔离环（损坏时更换）　5—O 形圈（更换，在安装时用干净的机油稍浸润）　6—限位支撑环（燃油分配器通过该支撑环施力，将喷油器固定在气缸盖内）

5）将限位支撑环从喷油器上取下。

6）将起拔器 T10133/2A 卡入喷油器的切口 1 中，如图 19-11 所示。

7）将 T10133/3 -1 用螺栓连接到起拔器 T10133/2A 上，如图 19-12 所示。

8）将扳手沿图 19-13 箭头所示方向轻轻旋转螺栓，直至拉出喷油器。

9）高压喷油器的安装以与拆卸相反的顺序进行。

提示：原则上在重新安装高压喷油器之前须更换燃烧室密封环。

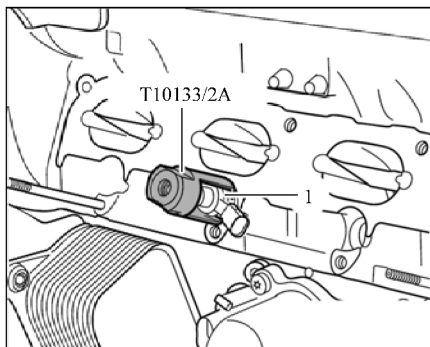


图 19-11　安装起拔器

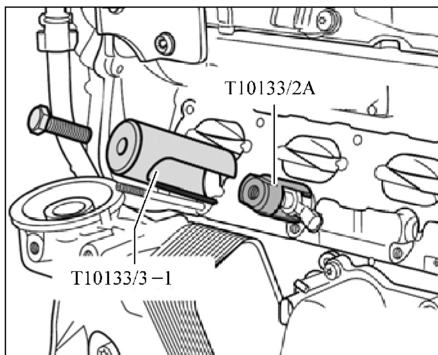


图 19-12　安装拆卸工具

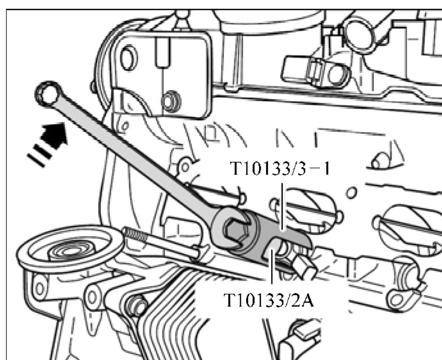
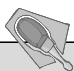


图 19-13　拉出喷油器



维修案例

大众途观 1.8 TSI 发动机起动时间变长，加速无力

故障现象：一辆采用 1.8 TSI 发动机的大众途观轿车，其起动时间变长，加速无力，废气排放灯一直点亮。

故障诊断与排除：

1）使用专用诊断仪读取发动机故障码，显示为：00135 P0087 油轨/系统压力－过低。

2）根据故障码的提示，读取测量值，显示高压系统的压力为 7bar。该数据流显示的压力为低压系统压力，结合故障码可判断出高压系统处于停止工作状态。

3）能引起高压系统不能工作的原因如下：

① 高压泵供电电源不正常。

② 发动机控制端故障。

③ 高压泵机械故障或者燃油压力调节阀 N276 故障。

④ 发动机电脑板故障等。

4）结合图 19-14 所示的发动机电路图进行测量，在不拔下 N276 电磁阀的情况下起动发动机，测量 T2cg/2 处的电压为 13V 左右，供电电压正常。

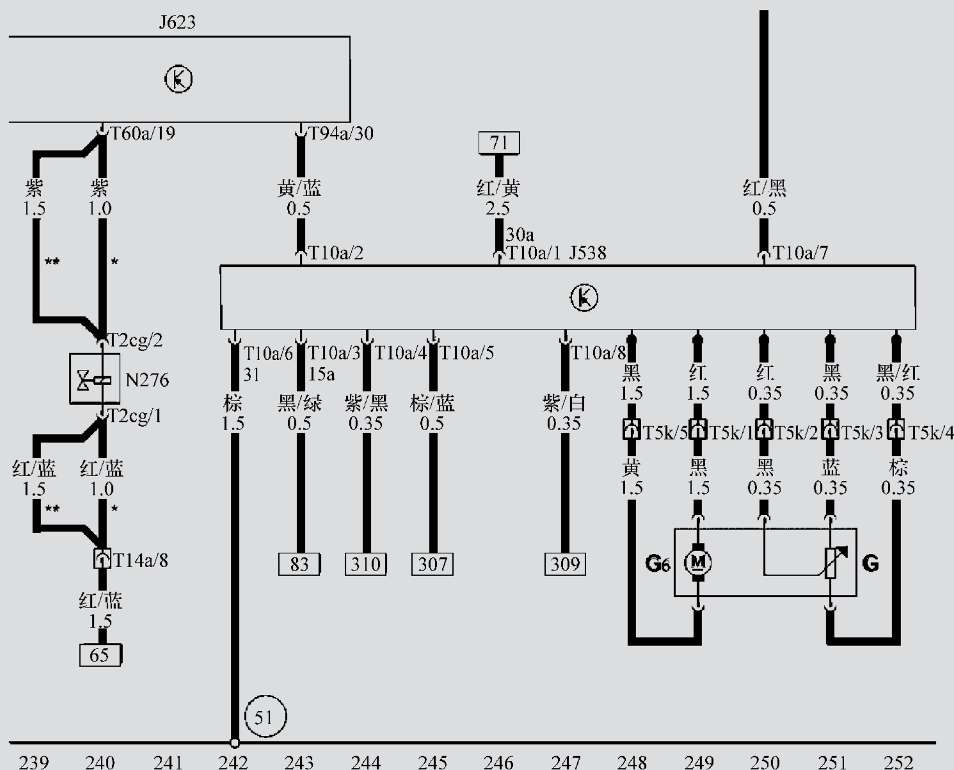


图 19-14　途观 1.8 TSI 发动机部分电路图

J538—燃油泵控制单元　J623—发动机控制单元（ECM）　N276—燃油压力调节阀

5）由于 ECM 控制端输出的是较高频率的占空比信号，使用万用表无法测量真实控制情况，只好采用示波器测量。于是，将示波器分别连接 N276 电磁阀的 T2cg/1、T2cg/2端子后起动发动机。

6）结果测得的故障车高压泵波形如图 19-15 所示。该波形为怠速时的一个标准波形，在发动机正常工作状态下，该波形控制下的高压泵输出约 50bar 的压力，但该车高压泵处于不能工作状态，根据实际测量波形可以断定高压泵出现故障。

7）更换高压泵后，车辆起动正常，加速有力，高压系统压力达到标准数值，故障排除。



图 19-15　燃油压力调节阀控制信号波形图



你学会了吗?

1. 高压燃油直喷系统的特点有哪些?
2. 高压燃油系统的主要组成部分有哪些?
3. 高压燃油系统是怎样产生和调节燃油压力的?
4. 怎样拆卸和安装高压油泵?
5. 怎样拆卸和安装高压喷油器?

第 20 天

燃油蒸发排放（EVAP）控制系统



学习目标

1. 了解燃油蒸发排放（EVAP）系统的作用、结构与工作原理。
2. 学习 EVAP 炭罐净化阀电路故障的检修方法。
3. 学会检修 EVAP 系统的双通阀、炭罐净化阀和炭罐。



基础知识

燃油蒸发排放（EVAP）系统通过吸收来自燃油箱的燃油蒸气，减少排出释放到大气中的碳氢化合物的含量。如图 20-1 所示，此系统包括了一个油气分离阀、一个双向阀、通风管、EVAP 炭罐和一个净化阀（炭罐电磁阀）。

当燃油受热时，燃油箱中生成的燃油蒸气储存在燃油箱中，直到燃油箱内的气压足够打开双向阀的向外通风侧。当双向阀打开时，多余的蒸气通过燃油切断阀和一个蒸气分离器释放到通风管，再进入 EVAP 炭罐中。蒸气分离器可防止液态的燃油进入通风管。在 EVAP 炭罐中，炭颗粒吸收并储存来自于蒸气中的燃油，而不含燃油的空气就排放到大气中去。当燃油箱冷却下来，燃油箱中的蒸气压力降低并足够打开双向阀的向内通风侧，外部的空气可以通过 EVAP 炭罐和通风管路进入燃油箱。

EVAP 炭罐中的炭颗粒具备有限容积，因此当发动机运行时，即净化燃油。打开净化阀，可以使存储在 EVAP 炭罐中的燃油吸入到进气歧管中，在燃烧进行期间参与燃烧。

本田飞度 EVAP 系统的控制原理如图 20-2 所示。净化阀安装在 EVAP 炭罐的上部，并通过通风管道连接于进气歧管，净化阀的操作由 ECM 进行控制。当发动机高于预设温度（60℃）和转速（2000r/min）时，ECM 通过 PWM 信号打开净化阀，外部的空气就通过 EVAP 炭罐中的炭颗粒被吸收到进气歧管中，净化燃油炭颗粒。

在发动机怠速和减速时，EVAP 净化阀将会关闭蒸气清洁管路以保持发动机的稳定。

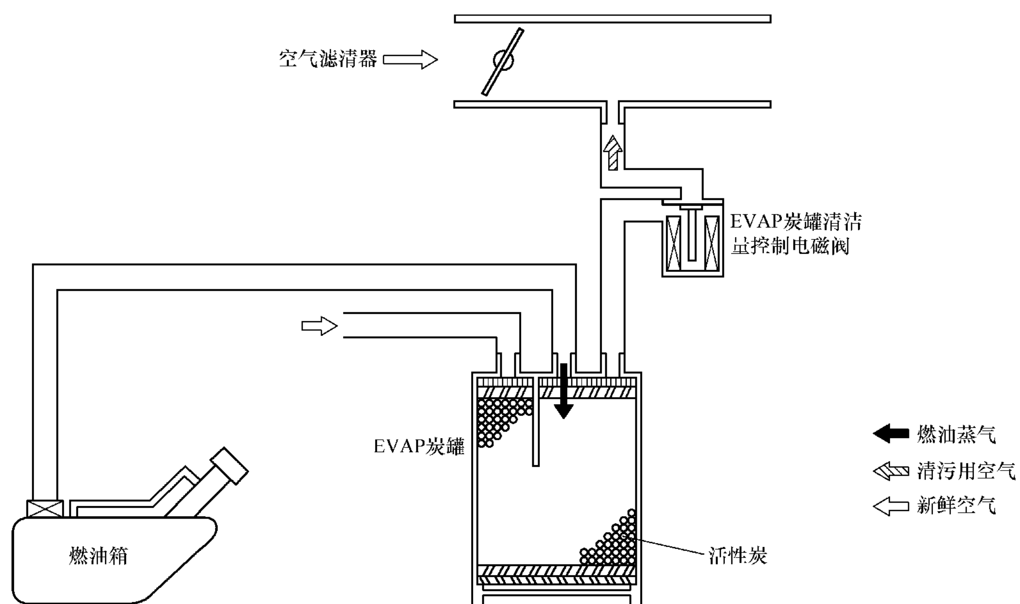


图 20-1　燃油蒸发排放系统示意图

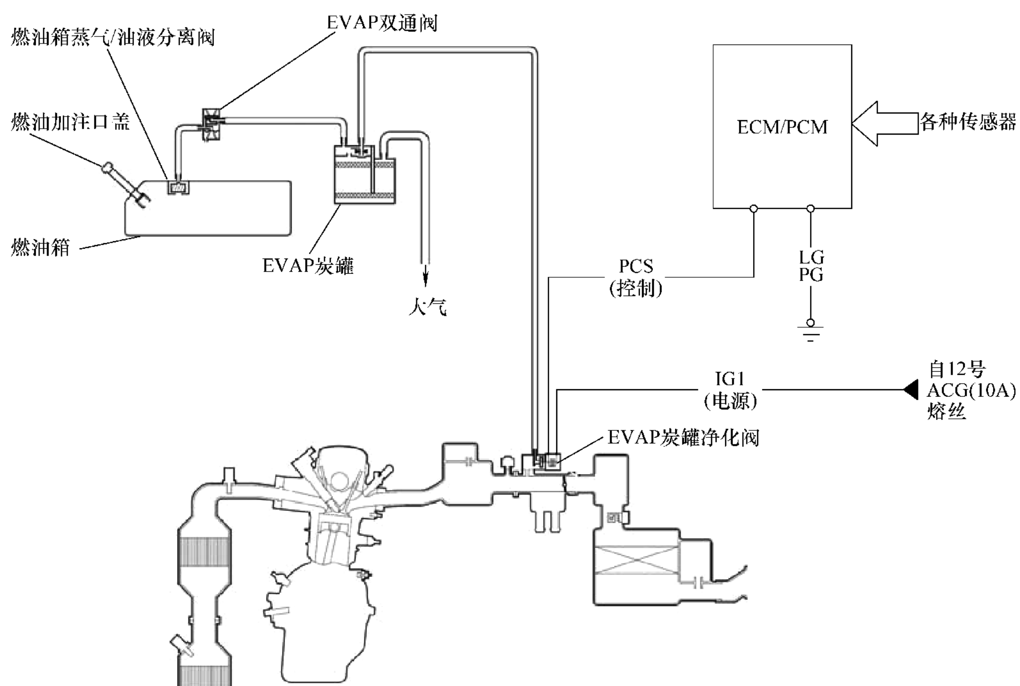


图 20-2　燃油蒸发排放系统控制原理图



实际操作

一、本田飞度 EVAP 炭罐净化阀电路故障的检修

1）将点火开关转至 ON 位置。

2）使用 HDS（本田诊断仪）清除 DTC（故障码）。

3）起动发动机。无负载（AT 在 P 或 N 位置，MT 在空档位置）时，将发动机转速保持为 3000r/min，直至散热器风扇运转，然后使其怠速。

4）使用 HDS 检查是否有临时 DTC 或 DTC，查看是否显示 DTC P0443。

是－转至步骤 5）。

否－间歇性故障，此时系统正常。检查 EVAP 炭罐净化阀和 ECM/PCM 是否连接不良或端子松动。

5）将点火开关转至 LOCK 位置，使发动机冷却到低于 60℃。

6）如图 20-3 所示，将真空软管 A 从发动机室的 EVAP 炭罐净化阀 B 上拆下，然后将真空泵连接到软管上。

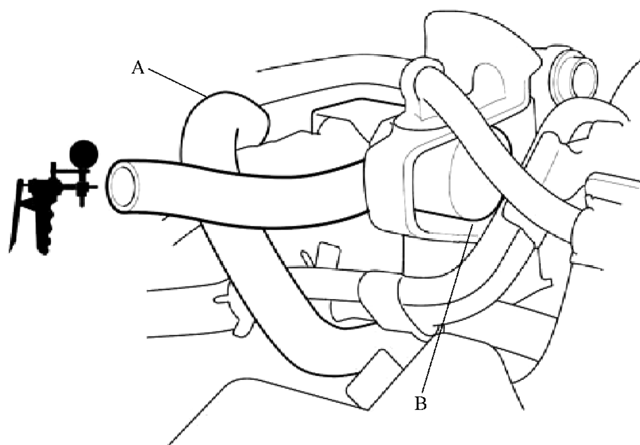


图 20-3　断开真空软管

7）起动发动机，并使其怠速运转，检查是否有真空。

是－转至步骤 8）。

否－转至步骤 14）。

8）将点火开关转至 LOCK 位置。

9）断开 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器。

10）检查 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器 2 号端子（PCS 控制端）和车身搭铁之间是否导通。

是－转至步骤 11）。

否－转至步骤 23）。

11）使用 HDS 跨接 SCS 线路。

12）断开 ECM/PCM 插接器 B（49 针）。

13）检查 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器 2 号端子和车身搭铁之间是否导通。

是 – 修理 EVAP 炭罐净化阀和 ECM/PCM（B3 端子）之间线束的短路，然后转至步骤 24）。

否 – 转至步骤 30）。

14）将点火开关转至 LOCK 位置。

15）断开 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器。

16）将点火开关转至 ON 位置。

17）测量 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器 1 号端子和车身搭铁之间是否有蓄电池电压。

是 – 转至步骤 18）。

否 – 修理 EVAP 炭罐净化阀和仪表板下熔丝/继电器盒中的 12 号交流发电机（10A）熔丝之间线束的断路，然后转至步骤 24）。

18）将点火开关转至 LOCK 位置。

19）使用 HDS 跨接 SCS 线路。

20）断开 ECM/PCM 插接器 B（49 针）。

21）检查 ECM/PCM 插接器端子 B3 和 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器 2 号端子之间是否导通，如图 20-4 所示。

是 – 转至步骤 22）。

否 – 修理 EVAP 炭罐净化阀和 ECM/PCM（B3）之间线束的断路，然后转至步骤 24）。

22）测量 EVAP 炭罐净化阀 2 针插接器 1 号和 2 号端子之间的电阻在室温时是否约为 25Ω。

是 – 转至步骤 30）。

否 – 转至步骤 23）。

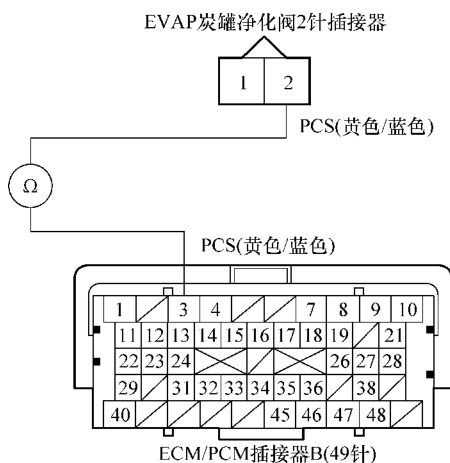


图 20-4　测量净化阀控制线路是否导通

23）更换 EVAP 炭罐净化阀。

24）重新连接所有插接器。

25）将点火开关转至 ON 位置。

26）使用 HDS 重新设定 ECM/PCM。

27）执行 ECM/PCM 怠速学习程序。

28）使用 HDS 检查是否有临时 DTC 或 DTC。查看是否显示 DTC P0443。

是 – 检查 EVAP 炭罐净化阀和 ECM/PCM 是否连接不良或端子松动，然后转至步骤 1）。

否 – 转至步骤 29）。

29）用 HDS 监视 DTC 菜单中 DTC P0443 的 OBD 状态。屏幕显示 PASSED（通过）则故障排除完成。

30）重新连接所有插接器。

31）起动发动机。

32）使用 HDS 检查是否有临时 DTC 或 DTC。

二、本田飞度 EVAP 双通阀测试

1）拆下燃油加注口盖。

2）拆下 EVAP 双通阀。

3）将蒸气管从 EVAP 双通阀 A 上断开。如图 20-5 所示，将它连接到组合仪表组件、管接头适配器和真空泵 B 上。

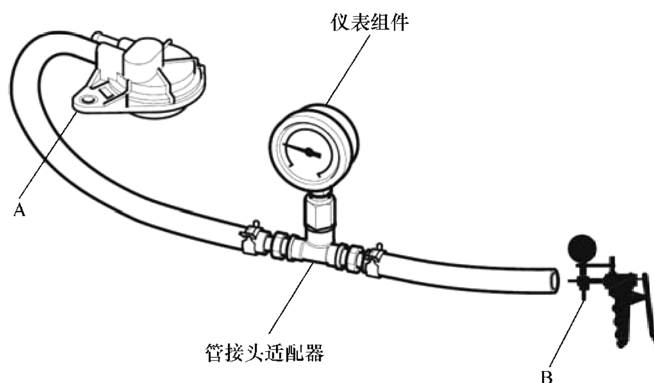


图 20-5　安装仪表组件和真空泵

4）缓慢连续地施加真空，同时观察仪表。阀门应在低于 1.33kPa 时打开。

① 如果真空保持低于 1.33kPa，转至步骤 5）。

② 如果真空不能保持，更换 EVAP 双通阀。

5）如图 20-6 所示，将真空泵从真空接头拆装到压力接头 A 上。

6）对蒸气管缓慢加压，同时观察仪表。阀门应在高于 5.07kPa 时打开。

① 如果压力保持低于 5.07kPa，阀门正常。

② 如果压力不能保持，则更换 EVAP 双通阀。

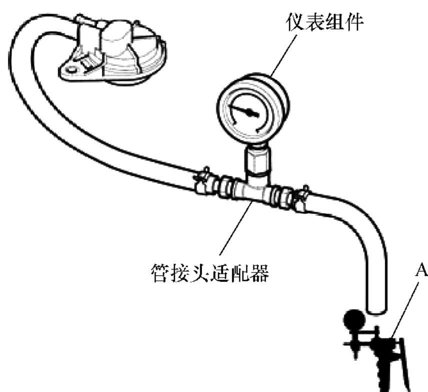


图 20-6　更换接头进行压力测试

三、丰田 1AR－FE 发动机炭罐净化阀的检查

1）如图 20-7 所示，测量 EVAP 炭罐净化阀的电阻，常温下应为 23～26Ω。如果结果不符合规定，则更换炭罐净化阀。

2）检查净化阀的工作情况。

① 净化阀未通电时，检查并确认空气不能从端口 E 流到端口 F，如图 20-8 所示。

② 向端子 1 和 2 施加蓄电池电压，检查并确认空气能从端口 E 流到端口 F，如图 20-9所示。

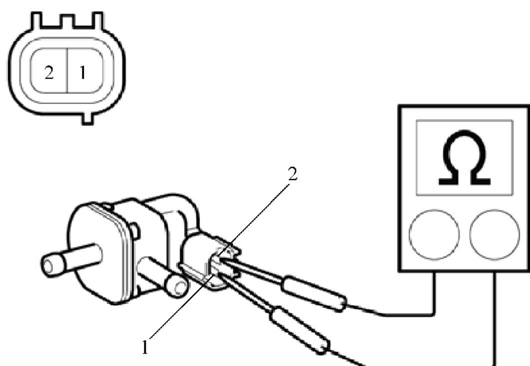


图 20-7　测量净化阀的电阻

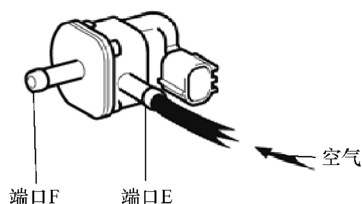


图 20-8　净化阀未通电时

3）如果结果不符合规定，则更换炭罐净化阀。

四、EVAP 炭罐的检查方法（日产颐达）

如图 20-10 所示，按下列方法检查 EVAP 炭罐：

1）堵住端口 B。

2）往端口 A 中吹气，检查气体是否从端口 C 中自由流出。

3）释放堵住的端口 B。

4）真空压力作用在端口 B 上，检查端口 A 和端口 C 是否有真空压力存在。

5）堵住端口 A 和 B。

6）给端口 C 加压力，检查是否有泄漏。

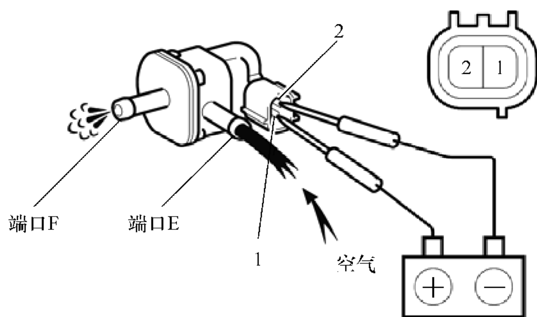


图 20-9　净化阀通电时

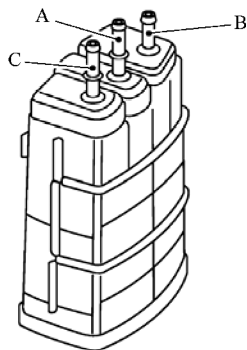
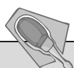


图 20-10　检查 EVAP 炭罐



维修案例

别克英朗轿车天热易熄火、汽油味大故障

故障现象：一辆英朗 1.6T 轿车在夏天的中午起动车辆，开空调半小时后加速时，发动机有时会抖动熄火。

故障诊断与排除：

1）经电脑检测发现发动机混合气过浓。清洗过油路，更换汽油泵、燃油箱、油箱盖、炭罐、炭罐电磁阀、火花塞、点火线圈、空气流量传感器无效。

2）对该车进行了高速路和爬坡的路试，未出现熄火现象。但有时会加速不良，偶尔在人为熄火后出现很浓的生汽油味道。在行车过程中查看数据，出现长期燃油调整值偶尔会达到 –32％。

3）经检查发现该车有大量的加装，于是先进行了拆除。拆除后再次试车，汽油味道依然存在。

4）检查炭罐的管路，结果发现在电磁阀处的管路有明显的开裂，确定了汽油味的来源。

5）将开裂的管路更换后再试车。结果，连续熄火了数次，故障现象反而愈加明显。

6）与正常车辆对比数据，该车的长期燃油调整值经常达到 –32％，短期也能达到 –20％多，通过观察前氧传感器的电压波动的图形发现，故障车辆的波动频率较正常车辆慢，尝试更换前氧传感器，反复试车，确定故障彻底排除。

故障总结：由于故障车辆的氧传感器电压波动频率较慢，因此经常造成该车的混合气偏浓或偏稀，加上天热时汽油蒸发量的增大，因此会使得混合气变得极浓，从而导致熄火。



你学会了吗?

1. 燃油蒸发排放（EVAP）系统通过吸收来自燃油箱的________，减少排出到大气中的________的含量。
2. EVAP 系统的控制原理是怎样的?
3. 怎样检修 EVAP 炭罐净化阀的电路故障?
4. 怎样检修 EVAP 炭罐净化阀和 EVAP 炭罐?

第 21 天

冷 却 系 统

学习目标

1. 了解冷却系统的作用、结构和工作原理。
2. 学会如何更换发动机冷却液。
3. 掌握冷却系统的检修方法。

基础知识

冷却系统的作用是使发动机在任何工况下高温机件都能得到适度的冷却，使发动机始终在最适宜的温度范围（80～90℃）内工作。

汽车发动机通常采用强制循环水冷系统，即利用水泵提高冷却液的压力，强制冷却液在发动机中循环流动。冷却系统的结构如图 21-1 所示，冷却系统主要由水泵、散热器、冷却风扇、补偿水箱、节温器、发动机机体和气缸盖中的水套以及附属装置等组成。

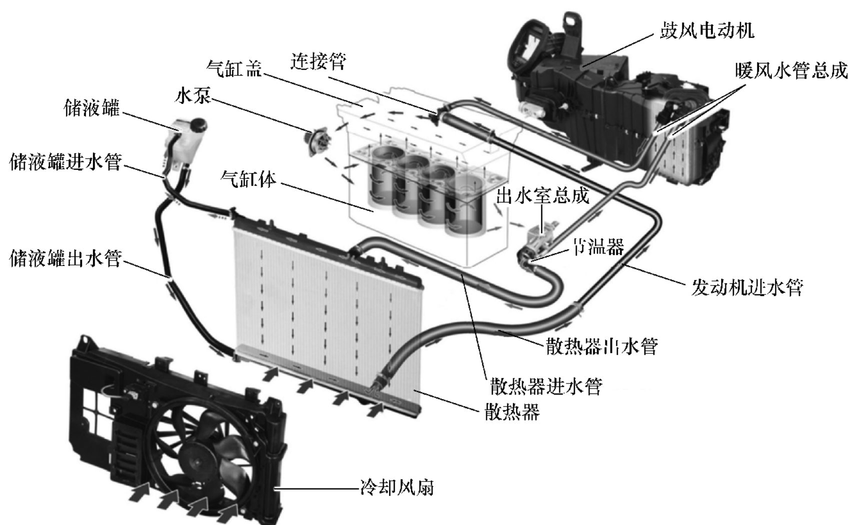


图 21-1　冷却系统的结构

冷却系统的工作原理是：水泵将冷却液从气缸体外吸入并加压，使之经进水管流入发动机缸体水套。在此冷却液从气缸壁吸收热量，其温度升高，继而流到气缸盖的水套，继续吸收热量，受热升温后的冷却液经过出水阀座沿出水管流到散热器内。汽车在行驶时，外部气流由前向后高速从散热器中通过；散热器后部有风扇的强力抽吸。受热后的冷却液在自上到下流经散热器的过程中，其热量不断散失到大气中去，从而得到了冷却。

发动机冷却系统的一个重要部件是节温器，它的作用是自动控制通过散热器的冷却液流量，通过调节冷却系统的冷却强度来调节冷却液的温度。

蜡式节温器是一个带有卸压特性的蜡式元件，它主要由支架、主阀门、副阀门、推杆、胶管、弹簧、节温器外壳等组成。蜡式节温器的结构和工作原理如图 21-2 所示。节温器在约 80℃时开启，约 90℃时开度最大。

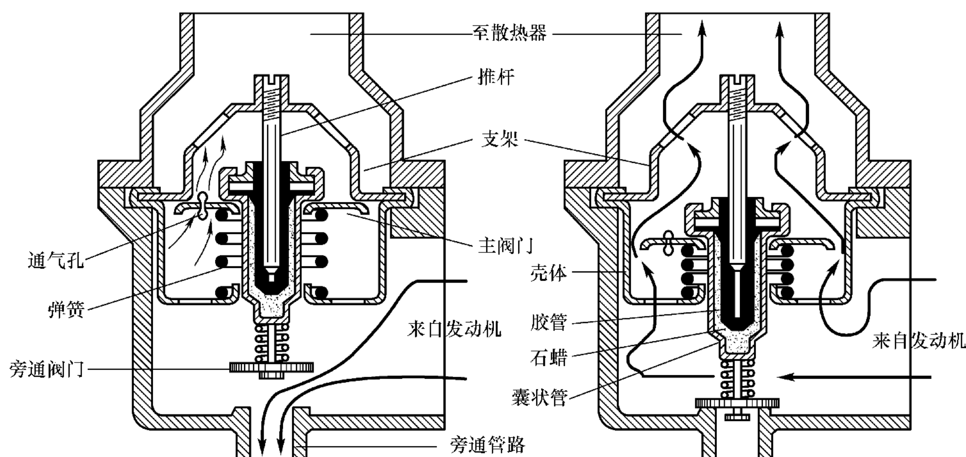


图 21-2　节温器的结构和工作原理

常温时，节温器中的石蜡呈固态，弹簧将主阀门推向上方，使之压在阀座上，主阀门关闭，而旁通阀门开启，小循环通路打开。

当发动机冷却液温度升高时，石蜡逐渐变成液态，体积膨胀，迫使主阀门慢慢打开，部分冷却液开始进行大循环。当冷却液温度超过一定值时，主阀门完全打开，而旁通阀门关闭了小循环通路，这时来自气缸盖出水口的冷却液沿出水管全部进入散热器冷却，进行大循环。

不论发动机冷却液进行小循环还是大循环冷却，冷却液都会流过空调系统的暖风加热器芯、节气门体等部件。



实际操作

一、发动机冷却液的更换

1. 排空发动机冷却液

注意：为避免烫伤，在发动机和散热器仍然很烫时不要拆下散热器加水口盖。热膨胀会导致热的发动机冷却液和蒸汽从散热器中溢出。

1）将冷暖风开关拨至“暖风”位置，将暖气阀全开。

2）拆下散热器加水口盖。

3）如图 21-3 所示，松开散热器放水开关 A 并排空发动机冷却液。

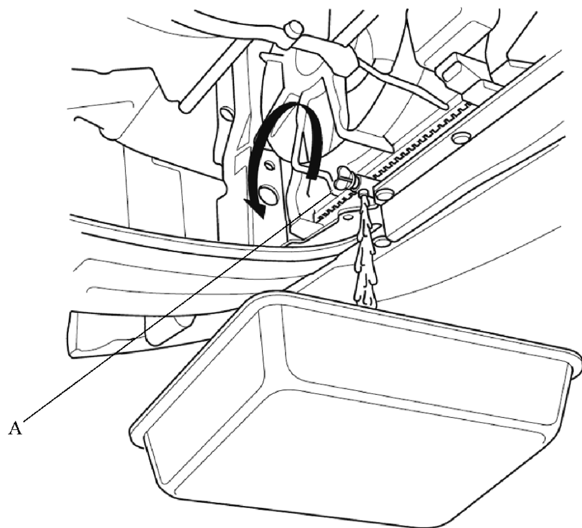


图 21-3　排放发动机冷却液

2. 加注发动机冷却液

1）拧紧散热器放水开关，并将冷却液注入散热器直至其溢出。冷却液加注量一般为 4～5L。

提示：用手将散热器进水管和出水管按压几次。如果冷却液液位降低，则继续加注冷却液。

2）拧紧散热器加水口盖。

3）将发动机冷却液注入储液罐直至液位到达满液位线。

4）使发动机暖机直至节温器阀门打开。

提示：暖机时用手按压散热器进水管和出水管数次。

5）关闭发动机并等待直至冷却液冷却。

6）拆下散热器加水口盖并检查冷却液液位。

7）如果液位降低，则再次执行从 1）至 6）的步骤。

8）如果液位没有降低，则加注发动机冷却液以调整储液罐冷却液液位。

二、检查冷却系统是否泄漏

注意：为避免烫伤，在发动机和散热器仍然很烫时不要拆下散热器加水口盖。热膨胀会导致温度很高的发动机冷却液和蒸汽从散热器中溢出。

1）将冷却液加注到散热器中，并连接散热器盖检测仪，如图 21-4 所示。

2）使发动机暖机。

3）将其泵压至137kPa，检查并确认压力不下降。

4）如果压力下降，则检查水管、散热器和水泵是否泄漏。如果外部无液体泄漏的迹象，则检查加热器芯、气缸体和气缸盖。



图21-4　检查冷却系统是否泄漏

三、检查散热器盖分总成（长城腾翼）

注意：

（1）如果散热器加水口盖脏污，则用水冲洗。

（2）使用散热器加水口盖检测仪前，用发动机冷却液或水湿润减压阀和真空阀。

（3）执行以下步骤1）至2）时，使检测仪保持在距水平轴30°以上位置，如图21-5所示。

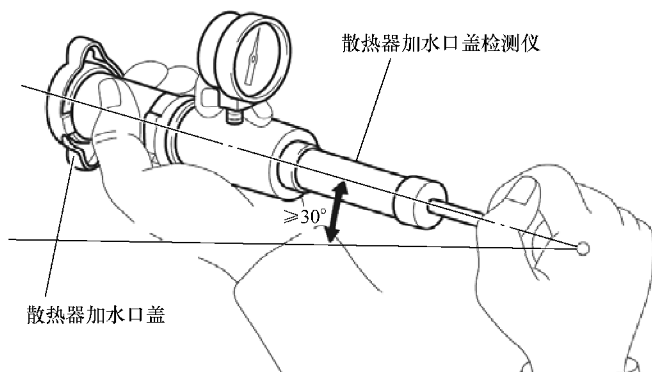


图21-5　检查散热器盖

1）使用散热器加水口盖检测仪，缓慢泵吸检测仪，检查并确认空气从真空阀进入。

泵速：拉出 1 次/3 秒或更长时间

如果空气未从真空阀进入，则更换散热器加水口盖。

2）泵压检测仪并测量减压阀开启压力。

泵速：1 秒内 1 次

注意：以上泵速仅适用于第一次泵压（以关闭真空阀）。第一次泵压后，泵速可能会降低。

标准开启压力：93 ~ 123 kPa

最小开启压力：78 kPa

如果开启压力小于最小值，则更换散热器加水口盖。

四、检查冷却风扇工作情况（长城腾翼）

1. 检查冷却风扇低温时的工作情况（低于 83℃）

1）将点火开关置于 ON 位置。

2）检查并确认冷却风扇停止。

如果未停止，检查冷却风扇继电器和发动机冷却液温度传感器。检查两者之间是否断路。

3）断开发动机冷却液温度传感器插接器。

4）检查并确认冷却风扇转动。

如果未转动，检查熔断器、冷却风扇继电器、ECM 和冷却风扇。检查冷却风扇继电器和发动机冷却液温度传感器之间是否短路。

5）重新连接发动机冷却液温度传感器插接器。

2. 检查冷却风扇高温时的工作情况（高于 93℃）

1）起动发动机，并将冷却液温度增加至 93℃以上。

注意：发动机冷却液温度传感器在出水口处检测冷却液温度。

2）检查并确认冷却风扇转动。

如果未转动，则更换发动机冷却液温度传感器。

五、节温器的检查与更换（本田飞度）

1）排空发动机冷却液。

2）拆下节温器盖 A，然后拆下节温器 B，如图 21-6 所示。

3）如图 21-7 所示，将节温器 A 悬架在盛水的容器中，不要让温度计 B 接触到加热容器底部。

4）将水加热并用温度计测量水温，检查节温器开始打开和完全打开的温度。

5）当节温器全开时，测量其升程。标准节温器的参数如下：

升程：>8.0mm；开始打开：76 ~ 80℃；全开：90℃。

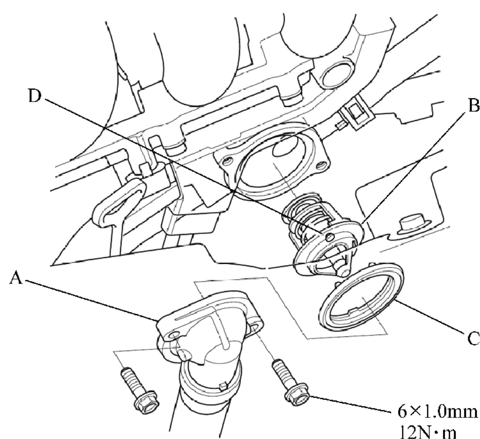


图 21-6　拆卸节温器

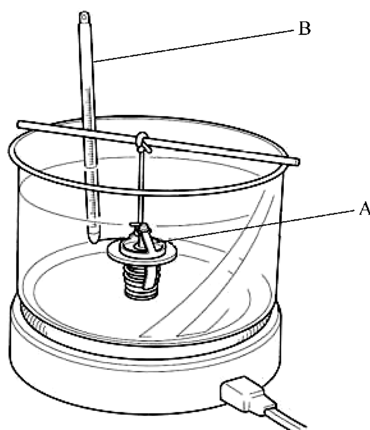
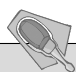


图 21-7　检查节温器

6）如图 21-6 所示，将新的橡胶密封件 C 安装到节温器上，然后将销 D 朝上安装节温器，并安装节温器盖。

7）用发动机冷却液重新加注散热器，然后对冷却系统进行放气。

8）清理干净所有溢出的发动机冷却液。



维修案例

1. 长城腾翼冷却液温度过高（发动机过热）

故障现象：车辆在行驶时，仪表板上的冷却液温度表指针始终指示在红刻线的位置或冷却液温度警告灯点亮，使用检测仪读取发动机的实际冷却液温度与仪表指示一致。并伴随有冷却液沸腾现象，且发动机易产生爆燃和早燃等现象。

故障原因：

导致发动机冷却液温度过高的主要原因有两方面，首先是冷却系统的散热能力下降，其次是发动机产生的热量增加。

冷却系统本身的原因有：

1）冷却液液面过低，循环水量不足或冷却液有泄漏情况。

2）冷却系统加注的为非防冻液或牌号不相符。

3）散热器、冷却水套、分水管等有堵塞、锈蚀或积垢过多的情况导致散热能力下降。

4）节温器失效，不能正常开启，致使冷却液大循环工作不良。

5）因线路或电动机本身故障导致电子扇不工作。

6）水泵水量不足，水泵传动带过松或油污打滑、水泵叶轮有破损、水封密封不良等情况。

非冷却液的原因有：

1）发动机点火时间过迟。

2）可燃混合气过浓或过稀。

3）燃烧积炭过多使压缩比增大产生爆燃或发动机排气不顺畅。

4）发动机润滑不良。

5）气缸垫被冲坏，使高温气体进入冷却系统。

故障诊断：

1）检查冷却系统各管接口及散热器上、下水室连接处是否有泄漏防冻液的现象。

2）检查散热器表面是否有堵塞现象，如散热器表面有堵塞现象应进行清洗或更换。

3）检查水泵传动带是否打滑，如水泵传动带打滑应根据技术要求将水泵传动带的张紧力调整到合适状态。

4）检查高、低速电子扇工作是否正常，当发动机达到其开闭温度时观察相应的电子扇是否转动，如电子扇不转动，检查电子扇的相关线路及电动机本身是否出现故障，如电子扇工作正常，则转至下一步。

5）在发动机工作一段时间后，冷却液温度表指示达到节温器阀门开启温度以上时，用手感感觉散热器进、出水管温度。若进水管烫手而出水管不烫手，可判断为节温器没打开，发动机始终处于小循环状态；如果发动机冷却液温度达到节温器主阀门完全开启温度时，散热器加水口水面依然平静，可判断节温器处于关闭状态，若此时触摸散热器会明显感觉到温度低于机体温度，此现象可判断为节温器失效。

6）在发动机冷却液温度达到节温器主阀门的开启温度后，就车检查水泵的泵水能力，检查时用手握住散热器的进水管，然后由怠速突然提高发动机的转速，如感到散热器进水管内的流速随着发动机转速的增加而加快，说明水泵工作正常；反之，说明水泵工作不良，应拆检水泵。

7）如以上检查正常，在冷却液温度过高的同时，发动机出现动力明显下降，打开散热器盖从加水口处涌出高温气体及有气泡翻滚现象或从排气管处排出水蒸气，则应检查气缸垫是否冲坏。

8）如上述检查正常，在发动机出现冷却液温度高的同时没有出现类似冲坏气缸垫的故障现象时，则应检查非冷却系统的相关原因。

2. 长城腾翼冷却液消耗过快

故障现象：发动机有漏水现象，储液罐的冷却液液面下降过快，需要经常添加冷却液。

故障原因：

1）散热器有破损的地方，上、下水室密封不良，有渗漏防冻液的现象。

2）储液罐、水泵结合面及冷却系统各管路的管接件松动密封不良。

3）气缸垫损坏、气缸盖与气缸体结合面平面度超差、翘曲以及气缸盖紧固螺栓松动等导致气缸内的高温高压气体进入冷却系统。

故障诊断：

1）检查冷却系统各管接口是否有冷却液外漏的迹象，由于防冻液往往加有颜料着色，外部渗漏部位较为明显，应着重检查各管接头、节温器、储液罐、水泵结合面、散热器及散热器盖等部位（图21-8）是否有渗漏防冻液的迹象。

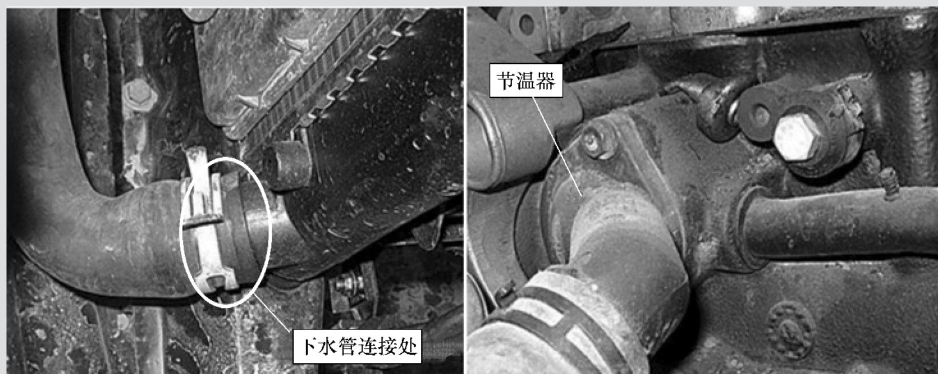


图 21-8　重点检查的泄漏部位

2）检查冷却系统有无内部渗漏。一般内部渗漏时会伴随有发动机加速无力、排气管冒白烟、散热器有气泡、机油液面升高、机油呈乳白色等现象，应拆检气缸盖及缸垫。



你学会了吗?

1. 冷却系统的作用是什么? 汽车发动机常采用哪种冷却方式?
2. 冷却系统由哪些部件组成? 它是怎样工作的?
3. 怎样更换发动机冷却液?
4. 怎样检查发动机冷却系统?

第 22 天

润 滑 系 统

学习目标

1. 了解发动机润滑系统的功用、结构和工作原理。
2. 学会测量润滑系统中的机油压力。
3. 学会检查机油液位及更换机油。
4. 掌握机油滤清器的更换方法。
5. 学习机油压力开关和机油泵的检修方法。

基础知识

润滑系统的功用就是在发动机工作时连续不断地把充足的洁净机油输送到各传动件的摩擦表面，并在摩擦表面之间形成油膜，实现液体摩擦，从而减小摩擦阻力、降低功率消耗、减轻机件磨损，以达到提高发动机工作可靠性和耐久性的目的。

如图 22-1 所示，润滑系统由油底壳、集滤器、机油泵、机油滤清器、油管和发动机机体上加工出的油道等组成。润滑系统起着润滑发动机运动零部件，冷却、清洗、密封和防锈的作用。

发动机润滑油储存在油底壳中，发动机曲轴旋转时，通过机油泵驱动链条带动机油泵工作。润滑油经集滤器过滤后被吸入到机油泵。由于机油泵的转速与发动机转速成正比，发动机高速运转时，机油泵输出油量将会过多。因此，系统设置了限压阀。如图 22-2 所示，限压阀布置在主油道或机油泵出口处，用来限制机油泵输出的润滑油压力，防止高速时油压过高。机油泵泵送出有压力的机油，由机油滤清器过滤后进入主油道。滤清器中设有旁通阀，当滤清器发生堵塞时，旁通阀打开，机油泵输出的润滑油直接进入主油道。主油道的机油大部分用来滑润曲轴主轴颈和连杆轴颈，一部分进入凸轮轴润滑油道，一小部分输送至链条张紧器、链条机油喷油器。

进入凸轮轴润滑油道的机油用来润滑进、排气凸轮轴轴颈，有的进入正时控制器用来控制凸轮轴的提前或推迟转动。机油发挥润滑等各种作用后，最后回流至油底壳，这就是一个完整的发动机润滑油路。

发动机运动部件的润滑方式包括压力润滑与飞溅润滑。以一定的压力连续不断地将润滑油输送到各摩擦表面形成油膜的方式称为压力润滑。压力润滑主要用于承受载荷和相对运动速度较高的运动副表面，如主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承、气门摇臂等处。利用发动机工作时运动零件飞溅起来的油滴或油雾润滑运动副表面的方式称为飞溅润滑。飞溅润滑主要用于外露表面、载荷较轻的运动副表面，如气缸壁、活塞销、凸轮、挺杆、偏心轮、连杆小头等。

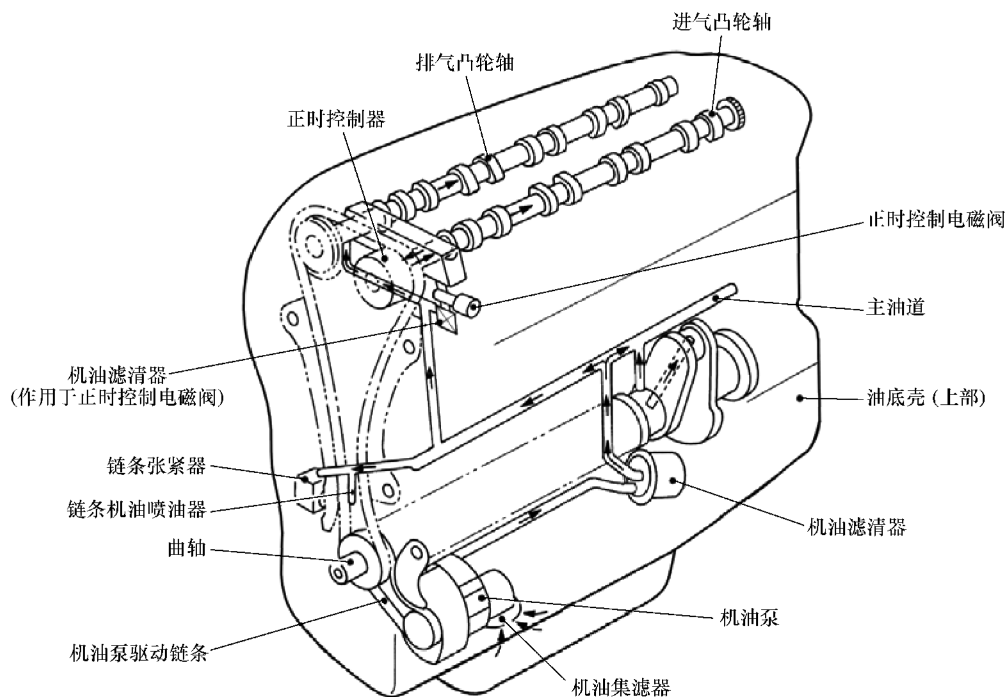


图 22-1　润滑系统的组成

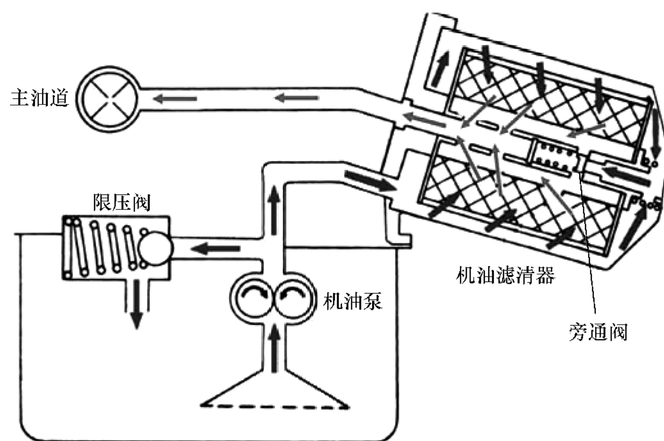
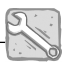


图 22-2　限压阀与旁通阀示意图



实际操作

一、机油压力的测量方法

当机油压力不正常，机油压力警告灯点亮时，应检查机油压力。检查方法如下：

1）断开机油压力开关的线束接头，并拆下机油压力开关，如图 22-3 所示。

2）将机油压力检测仪（油压表）旋入空出来的螺纹孔内，如图 22-4 所示。

3）固定好发动机转速表。

4）起动发动机并预热到正常工作温度（80℃）。

5）查看机油压力。怠速时，发动机油压应超过 60kPa；提速至 2000r/min 时，油压应超过 260kPa。

6）重新安装机油压力传感器前，记住在开关螺纹处缠上密封胶带，并按规定的力矩拧紧开关。

7）起动发动机并检查机油压力开关是否漏油。



图 22-3　机油压力开关



图 22-4　连接油压表

8）关闭发动机，将端子与压力开关端子相连并用护罩将机油压力开关罩好。

二、机油油位的检查

1）将车辆停在水平地面上，并起动发动机。发动机无负载（置于空档）时，转速保持在 3000r/min，直至散热器风扇打开，然后关闭发动机，等待约 3min。

2）拆下并擦净油尺，然后重新安装油尺。

3）拆下油尺并检查机油油位。如图 22-5 所示，油位应该在上标记和下标记之间。

4）如果机油油位接近或低于下标记，加注机油使其位于上、下标记之间。

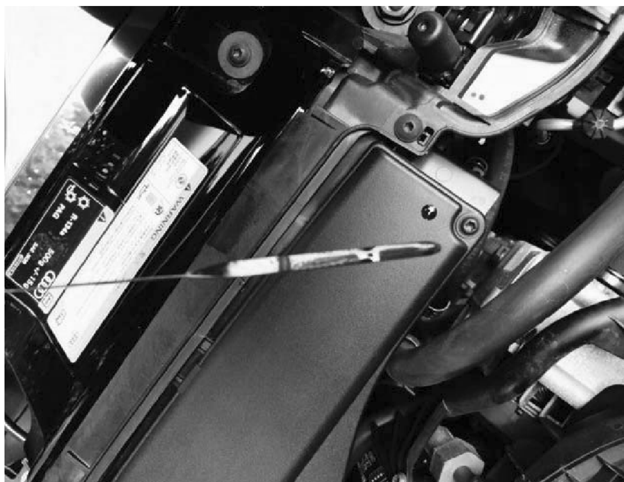


图 22-5　检查机油油位

三、机油的更换

要正确地保养发动机，延长发动机使用寿命，就应定期更换机油（一般每 5000km 更换）。具体操作方法如下：

1）起动发动机并暖机，检查发动机室内是否有机油泄漏。

2）关闭发动机并等待 10min，使机油回流到油底壳。

3）松开加油口盖，然后拆下放油塞，排放机油，如图 22-6 所示。使用回收容器盛接旧机油。

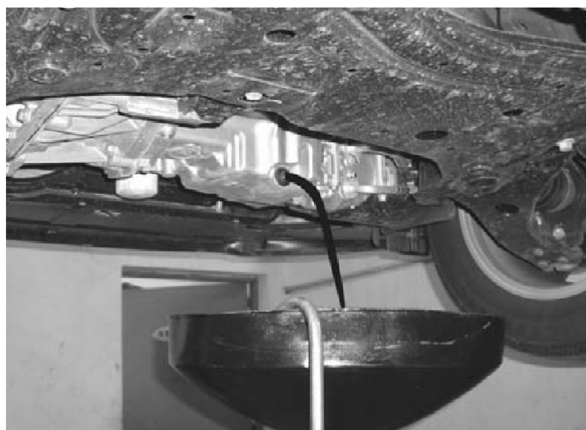


图 22-6　放出机油

4）放净机油后，最好更换机油滤清器。

5）安装带有新垫圈的放油塞并拧紧。安装前，先在新垫圈上涂抹一些机油。

6）加注新机油，一般加注一桶（4L），如图 22-7 所示。



图 22-7　加注新的机油

7）暖机，并检查放油塞和机油滤清器周围是否有机油泄漏。

8）关闭发动机并等待几分钟。

9）检查机油液面高度是否在正常范围内，如量不够再添加一些。

四、机油滤清器的更换方法

机油滤清器用来滤除机油中的灰尘、金属颗粒、炭沉淀物和颗粒等杂质，保护发动机。每次更换机油时，应连同机油滤清器一起更换。更换方法如下：

1）在暖车状态下熄火，等待几分钟后，升起车辆，放出油底壳和机油滤清器中的旧机油。

2）当旧机油放净时，用滤清器扳手卸下机油滤清器，如图 22-8 所示。

3）准备好同样的滤芯或机油滤清器，先在滤芯的 O 形圈上涂抹一层机油，然后用规定力矩拧紧。

4）起动发动机，在怠速的情况下，观察滤清器有无泄漏。如有泄漏，应拆检油封胶圈，排除漏油现象。

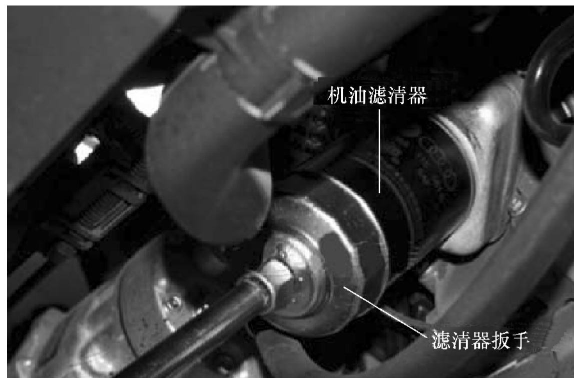


图 22-8　卸下机油滤清器

五、机油压力开关的测试和更换

1）从机油压力开关 B 上断开机油压力开关插接器 A，如图 22-9 所示。

2）检查机油压力开关端子和发动机（搭铁）之间是否导通。发动机停止时应导通。发动机运转时应不导通。

3）断开机油压力开关插接器，然后拆下机油压力开关。

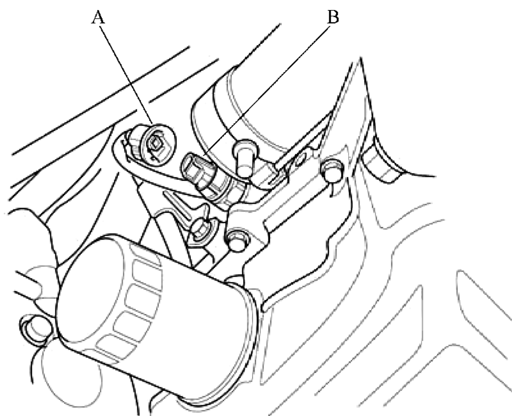


图 22-9　断开机油压力开关插接器

4）清除开关和开关安装孔上旧的密封胶。

5）在机油压力开关螺纹上涂抹少量的密封胶，然后安装机油压力开关。

注意：使用过多的密封胶可能导致密封胶进入油道或新机油压力开关的端部。

六、机油泵的大修（本田飞度）

1. 机油泵的拆卸

1）先拆下凸轮轴正时链条。

2）拆下交流发电机安装螺栓，然后安装辅助吊钩撑杆，如图 22-10 所示。

3）将链条安装至辅助吊钩撑杆。用链条举升并支撑发动机。

4）拆下油底壳。

5）拆下机油滤网 A，然后拆下机油泵 B，如图 22-11 所示。

2. 机油泵的检查

1）将螺钉从机油泵壳体上拆下，然后将泵壳体和泵盖分开。

2）检查内转子 A 和外转子 B 之间的径向间隙，如图 22-12 所示。如果内转子至外转子间隙超出维修极限（0. 20mm），则更换机油泵总成。

3）检查转子 A 和泵壳体 B 之间的轴向间隙，如图 22-13 所示。如果泵壳体至转子之间的轴向间隙超出维修极限（0. 10mm），则更换机油泵总成。

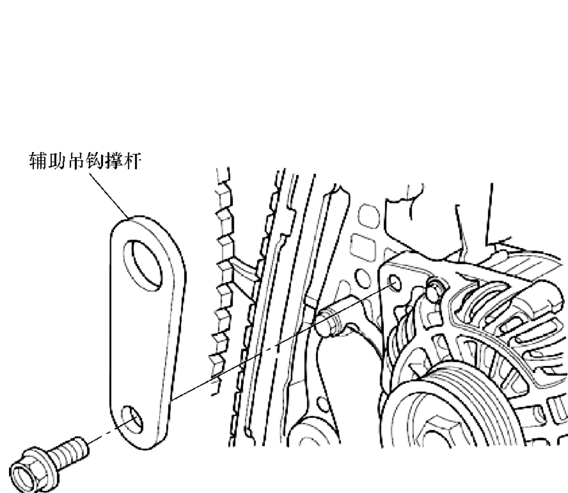


图 22-10　安装辅助吊钩撑杆

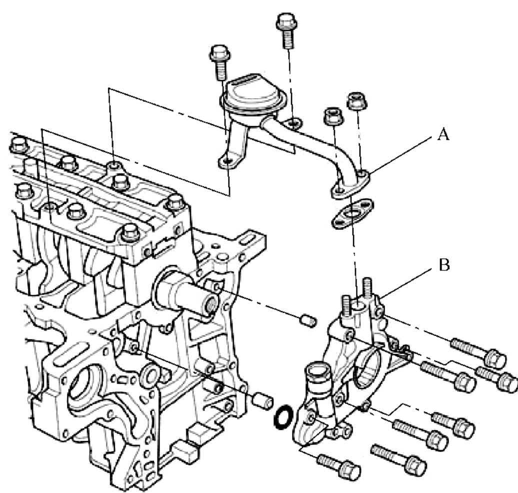


图 22-11　拆下机油泵

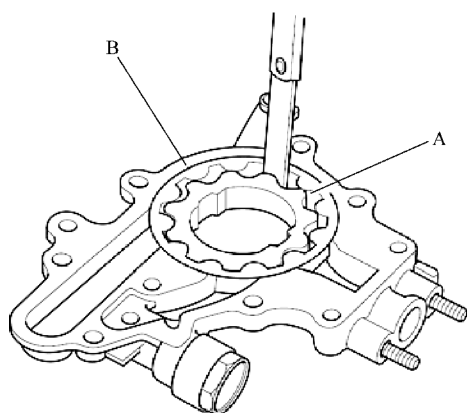


图 22-12　测量转子之间的径向间隙

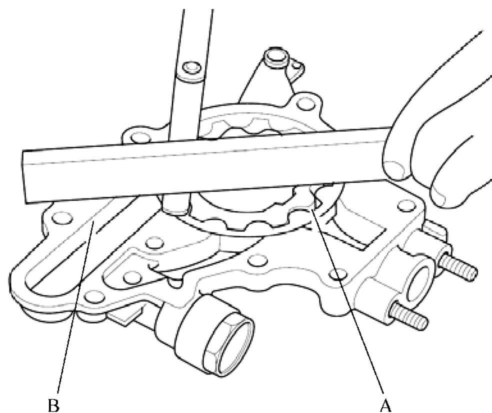


图 22-13　测量转子与壳体之间的轴向间隙

4）检查外转子 A 和泵壳体 B 之间的径向间隙，如图 22-14 所示。如果泵壳体至外转子的径向间隙超出维修极限（0.20mm），则更换机油泵总成。

5）检查转子和泵壳体是否划伤或损坏。如有需要，更换这些零件。

6）检查并确认机油泵运转顺畅。

3. 机油泵的安装

1）清理 O 形圈凹槽和发动机气缸体的接合面。

2）用新的 O 形圈 B 安装机油泵 A，如图 22-15 所示。

3）用新衬垫 D 安装机油滤网 C。

4）安装油底壳。

5）在油底壳下放置一个千斤顶和木块，以支撑发动机。

6）拆下链条和辅助吊钩撑杆，然后紧固交流发电机安装螺栓。

7）安装凸轮轴正时链条。

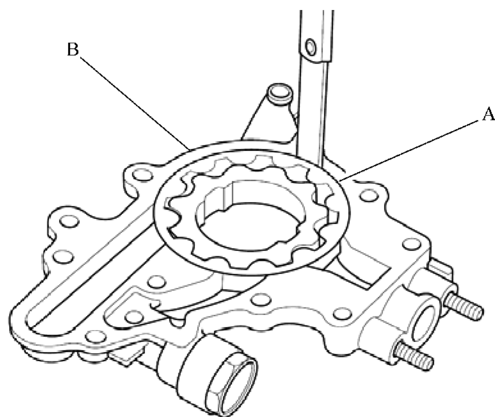


图 22-14　测量外转子与壳体之间的径向间隙

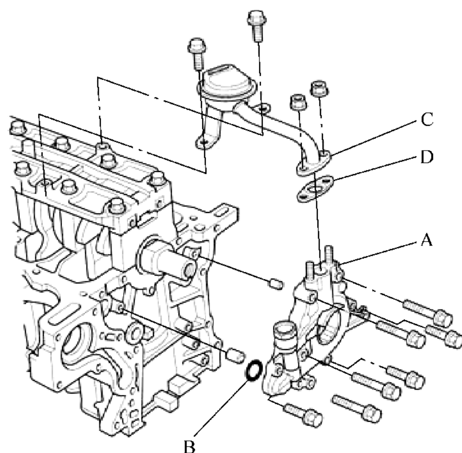


图 22-15　安装机油泵



你学会了吗?

1. 发动机润滑系统的动力部件是________。________送出有压力的机油，由________过滤后进入主油道。

2. 发动机运动部件的润滑方式包括________与________。

3. 怎样检查机油液位及更换机油、机油滤清器?

4. 怎样测量发动机的机油压力?

5. 怎样检修机油压力开关和机油泵?

第 23 天

点 火 系 统

学习目标

1. 了解发动机点火系统的作用、组成和工作原理。
2. 掌握火花塞跳火试验方法。
3. 学会使用正时灯检查发动机点火正时。
4. 学会火花塞的检查和更换方法。

基础知识

进入发动机气缸中的可燃混合气是靠电火花点燃的。因此，在汽油机的气缸盖上装有火花塞。火花塞头部伸入燃烧室内，并在压缩上止点前点燃混合气。能够按时在火花塞电极间产生电火花的全部设备称为点火系统。如图 23-1 所示，现代发动机的电控点火系统通常由蓄电池、ECU、点火器、高压导线、点火线圈和火花塞等组成。

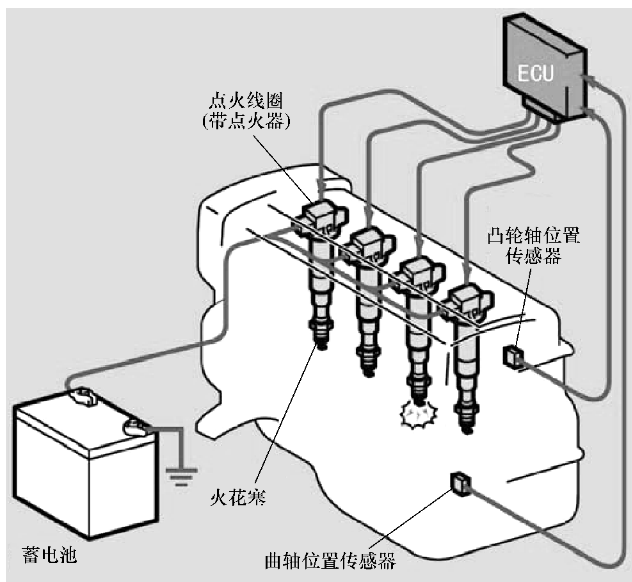
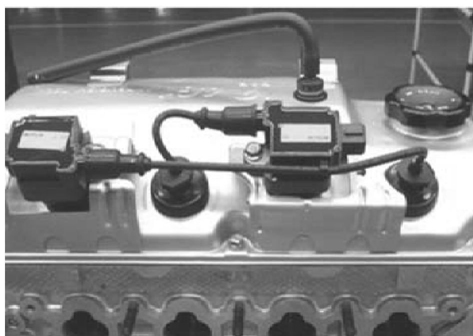


图 23-1　电控点火系统的组成

发动机 ECU 主要根据曲轴位置传感器信号和凸轮轴位置传感器信号确定点火时刻，然后根据其他传感器（如空气流量传感器、节气门传感器）参数来调整点火提前角，以实现精确点火。如图 23-2 所示，电控点火系统通常有两种点火方式，一种是分组点火，一种是直接点火（独立点火）。


分组点火


独立点火

图 23-2　两种点火方式

分组点火又叫双缸同时点火，特点是点火线圈的数量是气缸数的 1/2，即一个点火线圈接两个缸的火花塞。1、4 缸为一组，2、3 缸为另一组。两个缸的火花塞同时跳火时，一个缸的活塞处于排气上止点，另一个缸的活塞处于压缩上止点，且只有处于压缩行程气缸的火花塞跳火才是有效的。

如图 23-3 所示，在分组点火的点火变压器中，功率输出级和点火线圈是一个整体部件。气缸 1 和 4 以及气缸 2 和 3 各具有共同的点火线圈。发动机控制器通过功率输出级单独给点火线圈接地，一根导线为气缸 1 和 4 的点火线圈制造火花，另一根导线用于气缸 2 和 3 的点火线圈。操控的时刻和持续时间取决于点火角和线圈的充电时间。两条火花塞导线上的每个点火线圈都各有两个输出端。

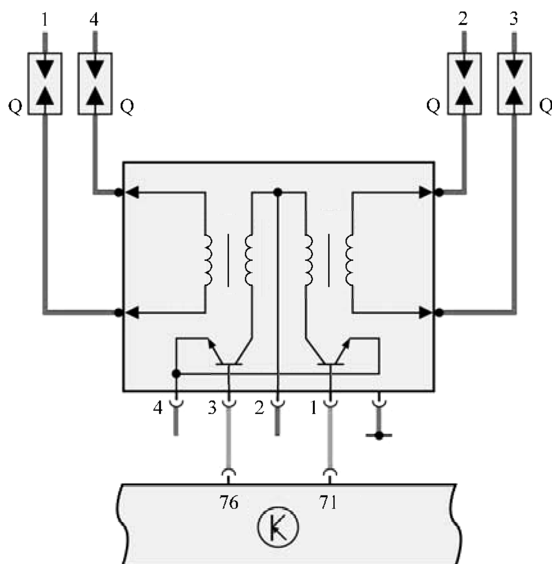


图 23-3　分组点火系统控制原理

独立点火是指是每一个气缸都有一个点火线圈，点火线圈直接安装在火花塞的顶上，从而取消了高压线。这种点火系统称为独立直接点火系统（DIS），它大大提高了发动机的点火效率。

独立点火系统的点火线圈相当于一个小型升压器，其作用是把车上的低压电转变为上万伏或数万伏的高压电，然后在火花塞上实现跳火，点燃气缸里的可燃混合气体。如图23-4所示，点火线圈包括初级线圈和次级线圈。点火线圈的工作原理是当初级线圈接通电源时，随着电流的增长四周产生一个很强的磁场，铁心储存了磁场能。当发动机ECU断开初级线圈电流时，初级线圈的磁场迅速衰减，次级线圈就会感应出很高的电压。初级线圈的磁场消失速度越快，电流断开瞬间的电流越大，两个线圈的匝比越大，则次级线圈感应出来的电压越高。

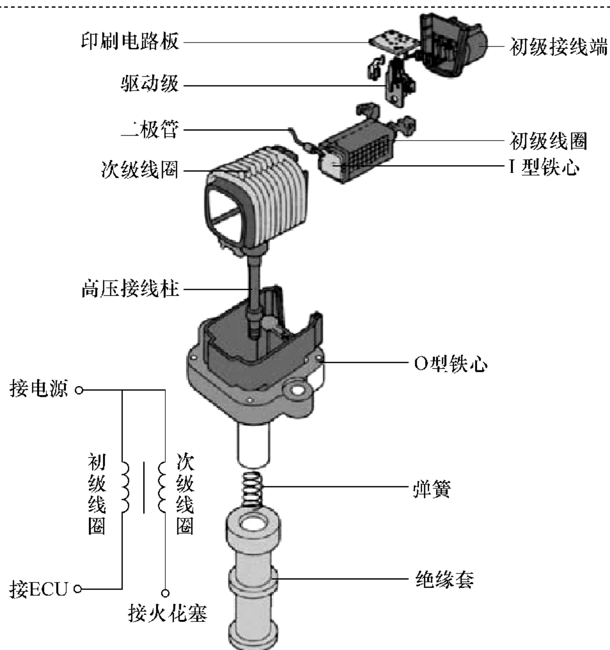


图23-4　独立点火系统点火线圈的结构


实际操作

一、火花塞跳火试验

火花塞跳火法常用于检验发动机点火是否正常，操作方法如下：

1）拆卸点火线圈。

2）分离喷油器插接器，以免检查时喷射燃油。

3）使用火花塞套筒拆卸火花塞。

4）安装火花塞到点火线圈。

5）火花塞搭铁到发动机上。

6）起动发动机时，检查火花塞跳火情况，如图23-5所示。发动机起动时间不要多于5s。

7）检查所有火花塞的跳火情况。

如火花塞发出蓝白色火花表明点火正常；如火花塞不跳火，说明点火系统有故障；若火花微弱，说明火花塞两极间严重短路；若火花不在中央，说明火花塞积炭或油垢过多；若瓷体和缸盖之间跳火，说明绝缘瓷体漏电。

8）使用火花塞套筒安装火花塞。

9）安装点火线圈。

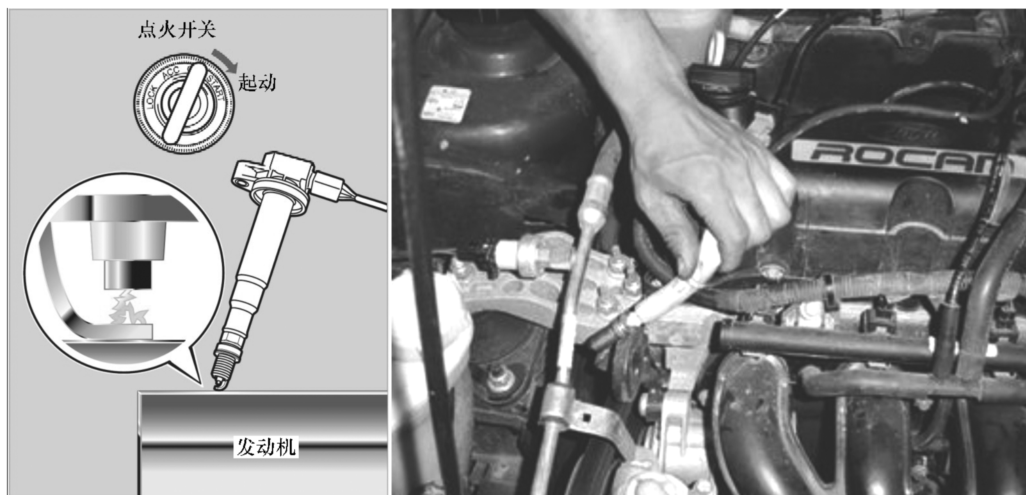


图 23-5　检查火花塞跳火情况

二、点火正时的检查方法

使用正时灯检查点火正时的方法如下：

1）起动发动机暖机并达到正常工作温度。

2）将如图 23-6 所示的点火正时灯的 2 个电源接头分别夹在蓄电池正、负极桩头上（红夹子接正极，黑夹子接负极），传感器夹于第一缸高压导线上（若无高压导线则另接一根）。



图 23-6　点火正时灯

3）调整发动机转速至正常怠速状态下，利用点火正时灯照射于正时带轮上，查看带轮上记号是否为厂家规定角度（一般为 6°~10°）。

4）如果点火正时与规格不同，则检查凸轮轴正时情况。

三、火花塞的更换方法

在车辆行驶了 3 万 ~4 万公里后应更换火花塞，更换方法如下：

1）拆卸气缸盖罩固定螺栓，取下点火线圈装饰盖。

2）脱开点火线圈插接器，如图 23-7 所示。

3）拨出点火线圈。

4）用长套筒或专用套筒拆卸火花塞，更换新的火花塞。

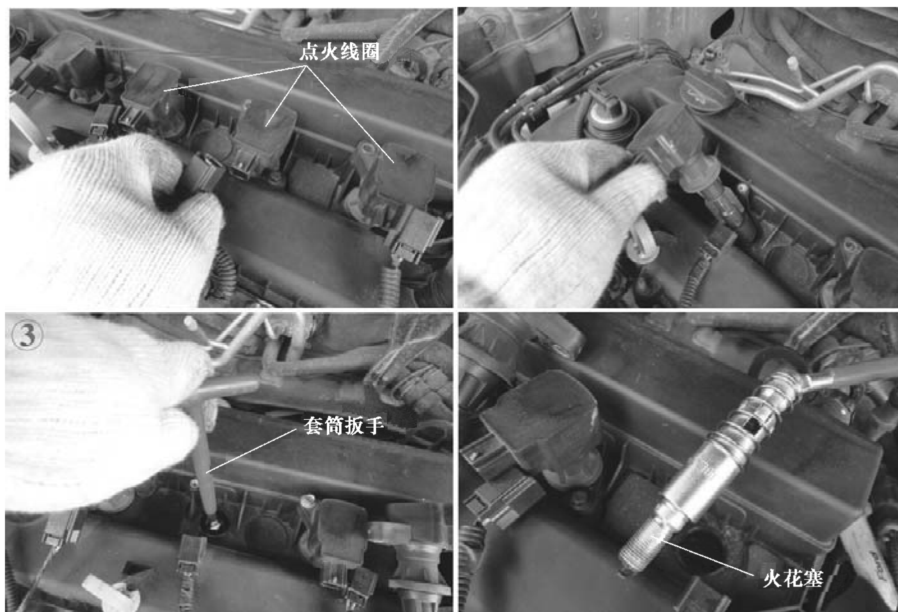


图 23-7　火花塞的拆卸方法

5）更换工作完成后，起动发动机检查其运转情况。

四、火花塞的检查（本田飞度）

1）拆下火花塞并检查电极与陶瓷绝缘体，如图 23-8 所示。

电极烧蚀或磨损可能由以下原因引起：点火正时提前；火花塞松动；火花塞热量程过高；冷却不足。

火花塞脏污可能由以下原因引起：点火正时延迟；进入燃烧室中的机油过多；火花塞间隙不当；使用过冷型的火花塞；怠速过高/低速运行；空气滤清器滤芯阻塞；点火线圈受损。

2）如果火花塞电极脏污或受到污染，用火花塞清洁器清洁电极。

3）不要调整铱金型火花塞的间隙。如果间隙与规定（标准：1.2～1.3mm）不符，则更换火花塞。

4）更换达到规定工作时间的火花塞或者电极中心变圆的火花塞。

5）在火花塞螺纹上涂上少量的防粘剂，并把火花塞拧入气缸盖，用手指拧紧。然后将其紧固至 18N·m。

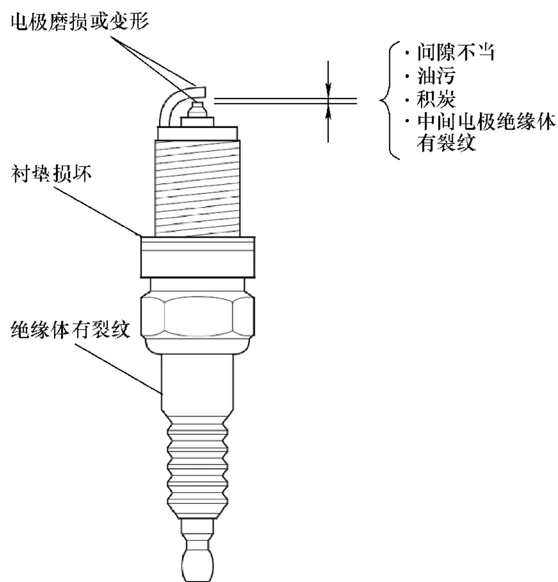
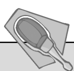


图 23-8　检查火花塞使用情况



维修案例

一、雅阁轿车发动机故障指示灯点亮，加速不良

故障现象：一辆2008款雅阁轿车行驶一段时间后发动机故障指示灯点亮，加速性能不良；熄火后再次起动，车辆恢复正常，行驶一段时间后车辆发动机故障指示灯再次点亮。

故障诊断与排除：

1）使用HDS读取故障码为P0351：1号气缸点火线圈电路故障。

2）产生此故障码的可能原因有：①点火线圈控制线断路。②搭铁线断路或短路。③电源线断路。④点火线圈搭铁线断路。⑤ECM/PCM内部电路故障。⑥点火开关电路故障。分别对①②③④⑤⑥项进行检查，发现各项均正常。

3）更换一缸的点火线圈及火花塞并试车，故障指示灯未点亮。

4）过了两天，故障再现。车主反映车辆跑了一段时间后故障指示灯再次亮起。

5）参照维修手册步骤进行故障排查：

① 记录定格数据及车载快摄数据，再用HDS消除故障码。

② 用HDS检查未发现临时DTC或DTC，说明是间歇性故障，此时系统正常。应当检查点火线圈和ECM/PCM是否连接不良或端子松动。

③ 起动发动机，通过数据列表观察各气缸失火情况，发现1缸的全部失火数为27次，明显多于其他气缸。

④ 如图23-9所示，此时将1缸点火线圈插头稍微用力拉一下，发现1缸立即出现连续失火，再用力按紧插头，失火现象消失。再试还是如此，可以判断是该插头连接不良造成1缸失火。当1缸失火超过规定次数后，发动机故障指示灯点亮，1缸停止工作，车辆加速无力。



图23-9　1缸点火线圈插头松动

6）将1缸点火线圈插头的每个插脚都拔出，重新夹紧后装回。

7）起动车辆再次轻拉该插头，通过HDS未再发现异常的失火现象，确认故障排除。

二、捷达王轿车油耗增加、动力不足

故障现象：一辆行驶了20万km的捷达王轿车，在发动机大修后出现燃油消耗量增加、动力不足的故障。

故障诊断与排除：用修车王故障检测仪检测，测得的故障内容为霍尔传感器G40不良，但更换了霍尔传感器后，该故障仍没有排除，而且在清除故障码后，只要起动发动机，用修车王故障检测仪就能调出上述故障内容。检查发动机的其他部分，没有发现什么

问题。起动发动机，查看数据流，发现点火提前角低于规定值；检查正时带，安装没有问题。怀疑正时链条安装错误，于是打开气门室盖，检查正时链条的安装情况，这时发现在凸轮轴正时齿轮上的两个记号中间的链节不是规定的 16 个而是 15 个，即少了一个链节。将正时链条重新装配后，用修车王故障检测仪检测，出现一个关于霍尔传感器 G40 偶发性故障的故障码。将其清除后，该故障码不再出现。试车后上述故障现象消失。



你学会了吗?

1. 进入发动机气缸中的可燃混合气是靠________点燃的。因此，在汽油机的气缸盖上装有________。

2. 电控点火系统通常有两种点火方式，一种是________，另一种是________。

3. 电控发动机点火系统由哪些部件组成? 其工作原理是怎样的?

4. 怎样进行火花塞跳火试验?

5. 怎样检查发动机的点火正时?

6. 如何检查火花塞并对其进行更换?

第 24 天

起 动 系 统

学习目标

1. 了解起动系统的作用、组成和工作原理。
2. 了解起动机的组成及各个部分的作用。
3. 了解起动机的正确使用方法。
4. 学习起动机电磁开关和起动机性能的测试方法。
5. 学习起动机的检修方法。

基础知识

一、起动系统的作用与组成

要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞做往复运动。起动系统的作用是将蓄电池的电能转变成电磁转矩，驱动发动机，使发动机起动工作。

如图 24-1 所示，起动系统由蓄电池、点火开关、起动继电器、起动机等组成。装有防盗系统的车辆，有可能还需要在防盗 ECU 的允许下才能接通起动机电路。

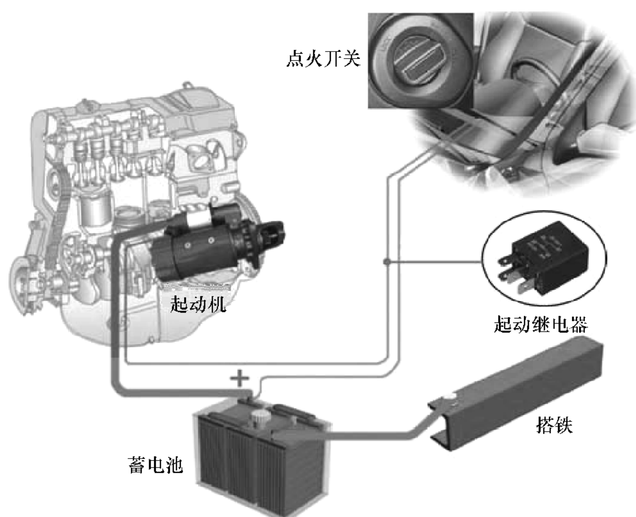


图 24-1　起动系统的组成

二、起动系统的工作原理

如图 24-2 所示，当点火开关置于 START（起动）位置时，电

流流向起动机控制电路，激活起动机电磁开关线圈。电磁线圈包括吸引线圈和保持线圈，电流从吸引线圈经磁场线圈到电枢线圈，起动机以低速旋转。同时，电磁开关的动铁心被吸入极芯。通过这一吸入操作，小齿轮被推出，与齿圈啮合，接触盘将主接触点（电磁开关 B＋与起动机接线柱 M）闭合。当接触盘的主接触点闭合时，无电流流经吸引线圈，保持线圈和电枢线圈直接从蓄电池得到电流。电枢线圈随后便开始高速旋转，发动机进行起动。因为无电流流过吸引线圈，动铁心只是由保持线圈所施加的磁力保持在固定位置。

当点火开关从 START 返回到 ON 时，电流从主接触侧经吸引线圈流到保持线圈。此时，由于吸引线圈与保持线圈形成的磁力相互抵消，它们失去了保持住动铁心的力。因此，动铁心由复位弹簧的力拉回，并且接触盘的接触点断开，起动机停止工作。

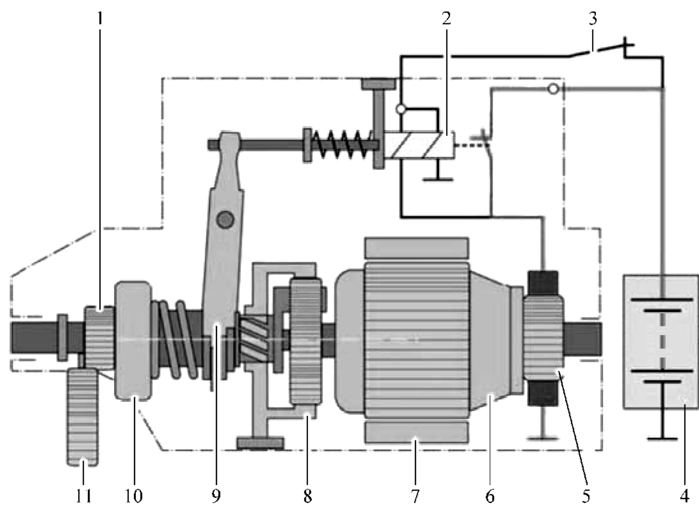


图 24-2　起动系统工作原理示意图

1—小齿轮　2—电磁线圈　3—起动开关　4—蓄电池　5—集电环　6—转子　7—永久磁铁（定子）
8—行星齿轮箱　9—拨叉　10—单向离合器　11—飞轮齿圈

本田飞度的起动系统控制电路如图 24-3 所示。当点火开关转到 ST 档，且变速器档位开关在 P/N 位置时，起动继电器吸合，则电流通过 S 端子流入电磁开关内的线圈而吸引铁心，当铁心被吸引时，连接到铁心的杆就动作使起动机单向离合器接合。同时，被吸引的铁心将电磁开关的 B 端子和 M 端子接通，这时电流流通使起动机工作。当在发动机起动后点火开关返回到 ON 位置时，起动机离合器从齿圈脱开，起动机停止工作。

三、起动机

起动机的结构如图 24-4 所示，起动机由直流串励电动机、传动机构和控制装置三大部分组成。

（1）直流串励电动机　电动机是起动的动力源，它将蓄电池的电能转为电磁转矩。

（2）传动机构　传动机构使起动机实现单向动力传递，在起动时将电动机的电磁转矩

通过减速行星齿轮传递给发动机飞轮；而当发动机起动后则自动断开发动机向起动机的逆向动力传递。

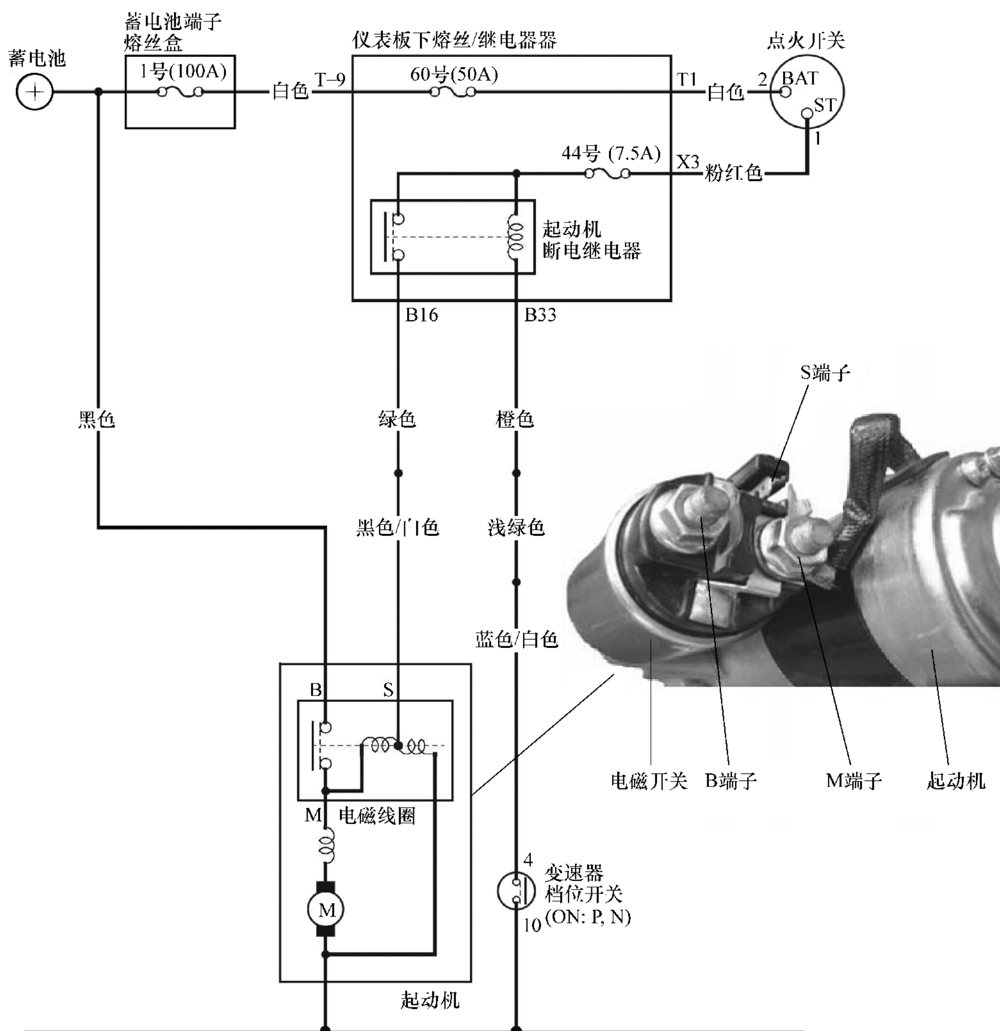


图 24-3　起动系统控制电路图

（3）电磁开关　电磁开关是起动机的控制机构，用于控制起动驱动齿轮与发动机飞轮的啮合与分离以及电动机电路的通断。

发动机起动时，为防止起动机电枢旋转过度造成电动机损坏，当发动机转速超过起动机转速时，利用单向离合器分离小齿轮和飞轮齿圈。

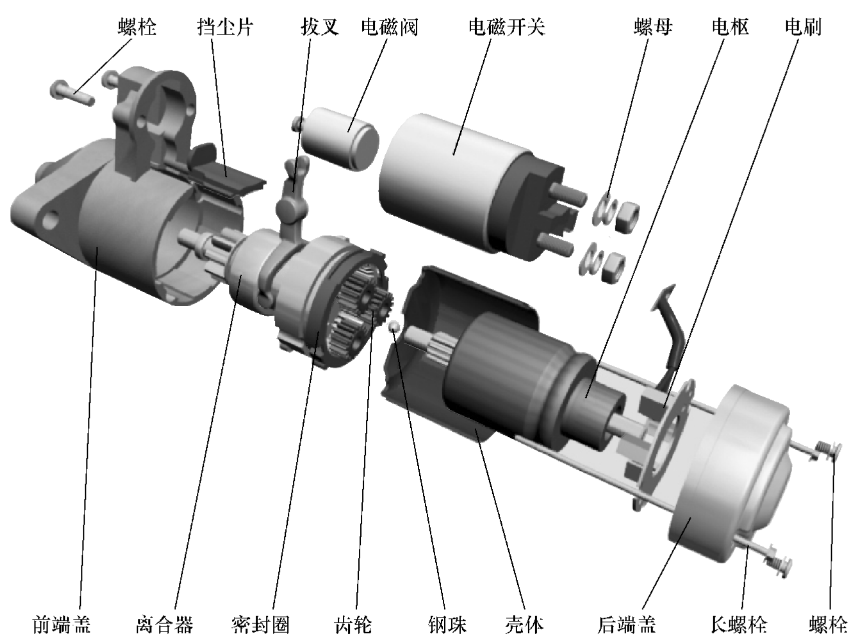


图 24-4　起动机的结构

**实际操作**

一、起动机的正确使用方法

起动发动机时，合理、正确地使用起动机，能确保起动机工作正常、起动可靠，并延长起动机的使用寿命。

1）起动机工作时，最大电流可达200A。若长时间、大电流地工作，不仅可能烧坏起动电动机，还会造成蓄电池过放电。因此，起动发动机时，起动机的每次工作时间不宜超过5s；若起动失败后，应等约15s后再重新起动。

2）起动发动机时，尽量减少起动机的起动次数。

3）在起动发动机过程中，应将变速杆置于空档位置，并踩下离合器踏板，使起动机不带负载起动，提高一次起动成功率。

4）蓄电池要经常保持充足电的状态，以保证发动机起动时，起动电动机能获得较大的工作电流和电压，减少起动机的工作时间。

5）在冬季和低温环境下冷机起动时，建议先对发动机进行预热，以提高起动的成功率，减少重复起动的次数，并有利于延长起动机和蓄电池使用寿命。

6）发动机起动后，要立即松开点火开关，使起动机停止工作，以免损坏电磁开关和起动电动机，减小单向离合器不必要的磨损。

7）发动机起动后，若松开点火开关不能使起动机停止运转，要立即关闭发动机和车辆电源，必要时应即时拆开蓄电池的电源线，待故障排除后，再重新接好电路。

二、起动机电磁开关测试

为了判断起动机的电磁开关工作是否正常，我们可以通过以下方法进行测试：

1）断开蓄电池负极端子。

2）如图 24-5 所示，拆下起动机电缆 A 和电动机电缆 B，然后断开插接器 C。

3）检查端子 S 和电枢壳体（搭铁）之间的保持线圈是否导通，应导通。如果不导通，更换电磁开关。

4）检查端子 S 和端子 M 之间的牵引线圈是否导通，应导通。如果不导通，更换电磁开关。

5）按照与拆卸相反的顺序安装。

6）重新连接蓄电池负极端子。

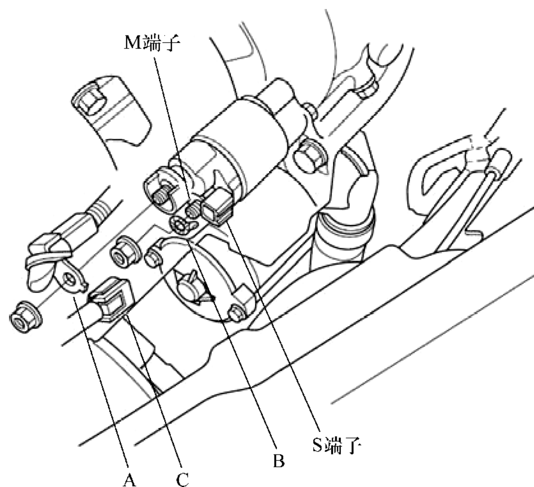


图 24-5　断开起动机连接电缆

三、起动机性能测试

1）拆下起动机。

2）将线束从端子 M 上断开。

3）在本测试中，用尽可能粗的导线（最好与车辆所用的连接导线一样粗）进行连接。

注意：为避免损坏起动机，切勿使蓄电池连接持续 10s 以上。

4）如图 24-6 所示连接蓄电池。确保将起动电动机线束从电磁阀上断开。如果起动机小齿轮移出，则能正常工作。

5）如图 24-7 所示，将蓄电池负极从 M 端子上断开。如果小齿轮不缩回，则电磁阀的保持线圈工作正常。

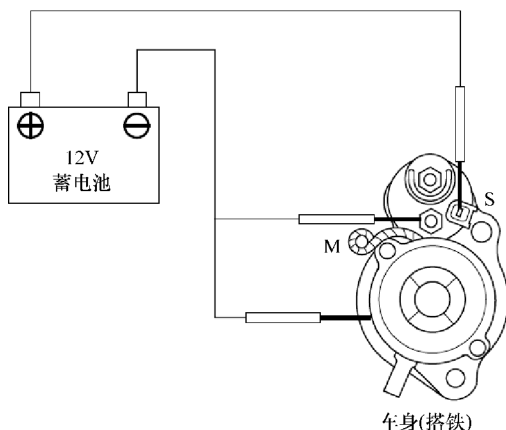


图 24-6　连接蓄电池供电

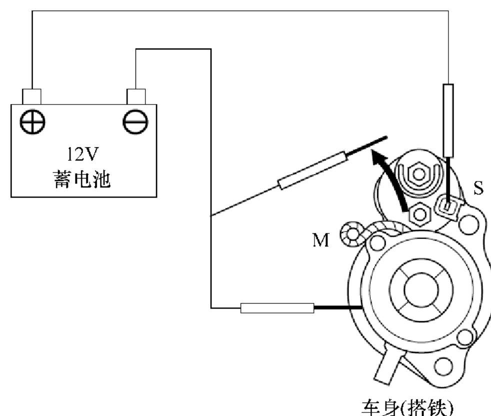


图 24-7　从 M 端子断开蓄电池负极

6）如图 24-8 所示，将蓄电池负极从起动机壳体上断开。如果小齿轮立即缩回，则工作正常。

7）将起动机紧紧夹在台虎钳上。

8）将线束重新连接到 M 端子上。

9）如图 24-9 所示，将起动机连接到蓄电池上，确认电动机运转。

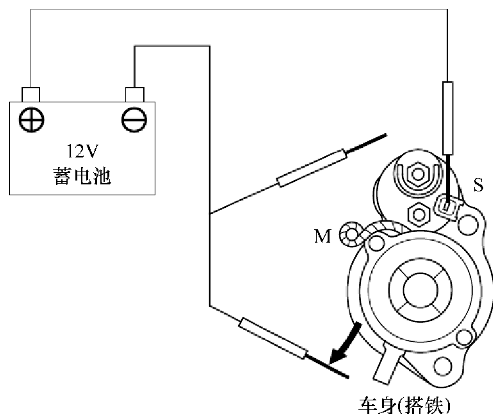


图 24-8　从壳体上断开蓄电池负极

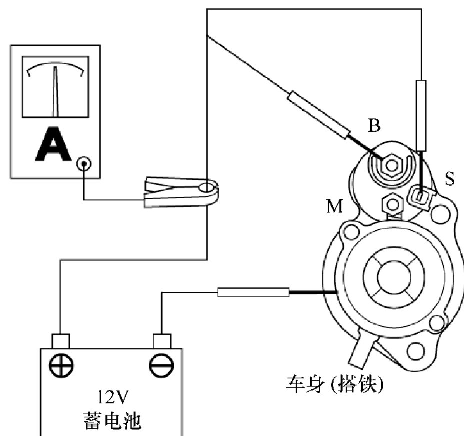


图 24-9　起动机空转试验

10）蓄电池电压为 11.5V 时，如果电流与规格（50A 或更小）相符，则起动机工作正常。

四、起动机的检修

1）拆下起动机。

2）拆解起动机。

3）通过接触磁铁检查电枢是否磨损或损坏。如有磨损或损坏，则更换电枢。

4）检查电枢换向器 A 表面，如图 24-10 所示。如果表面脏污或烧蚀，则按步骤 5）中的规格用金钢砂布或车床重新修整表面，或者用 500 号或 600 号的砂纸 B 重新修复。

5）如图 24-11 所示，检查换向器直径（标准：27.9～28.0mm）。如果测得直径在维修极限（27.0mm）以下，则更换电枢。

6）测量换向器 A 的径向跳动量，如图 24-12 所示。如果换向器的跳动量在维修极限（0.4mm）内，则检查换向器整流片之间的炭屑或黄铜碎片。如果换向器跳动量不在维修极限内，则更换电枢。

7）如图 24-13 所示，检查云母深度（A）（维修极限：0.2mm）。如果云母过高（B），则用钢锯条将云母凹槽切至适当的深度。切除换向器整流片之间的所有云母（C）。凹槽不能太浅，太窄或呈 V 形（D）。

8）如图 24-14 所示，检查换向器整流片之间是否导通。如果任何整流片之间断路，

则更换电枢。

9）如图 24-15 所示，将电枢 A 放在一个电枢测试器 B 上，将一钢锯条 C 拿到电枢芯上方。如果电枢芯转动时，锯条被吸引或振动，则电枢短路，应更换电枢。

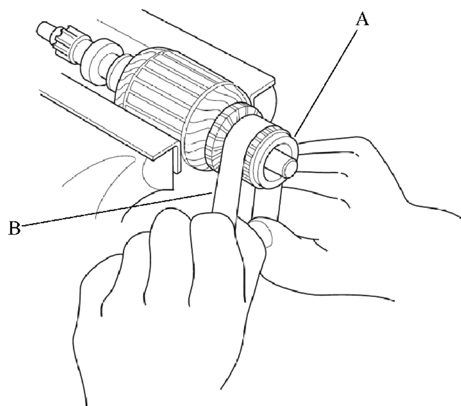


图 24-10　修整换向器表面

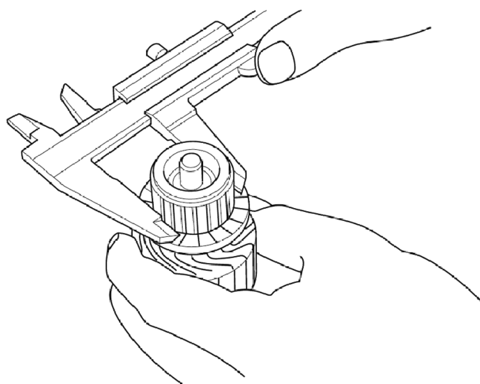


图 24-11　检查换向器直径

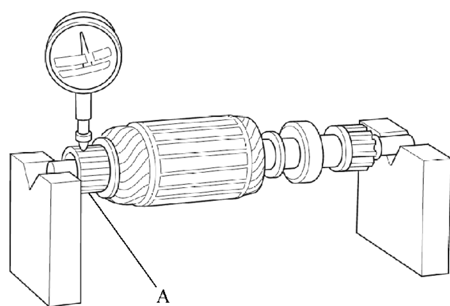


图 24-12　测量换向器径向跳动量

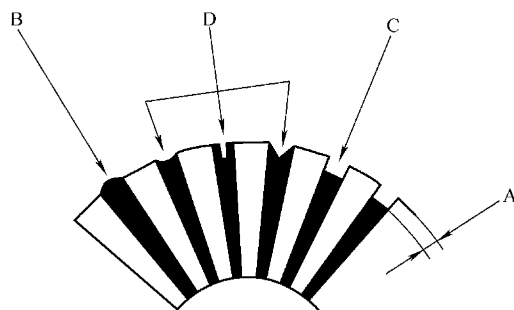


图 24-13　检查云母深度

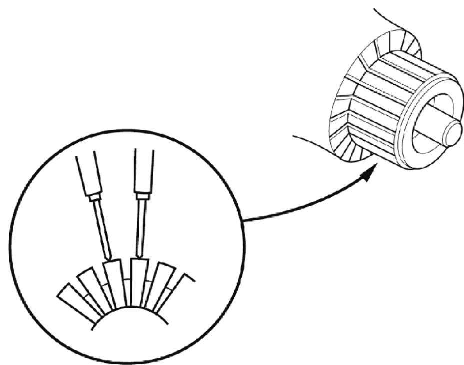


图 24-14　检查整流片之间是否导通

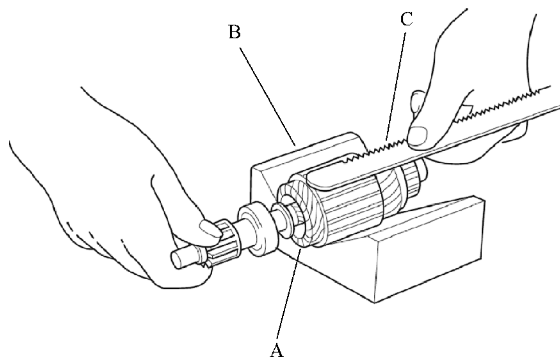


图 24-15　检查电枢是否短路

10）如图 24-16 所示，使用万用表电阻档检查换向器 A 与电枢线圈芯 B 之间以及换向器与电枢轴 C 之间是否导通。如果导通，则更换电枢。

11）测量电刷的长度。如果不在维修极限（6mm）内，则更换电枢壳体总成。

12）如图 24-17 所示，检查（+）电刷 A 和电动机线束 B 之间、（-）电刷 C 和电枢壳体 D 之间是否导通。如果不导通，则更换电枢壳体。

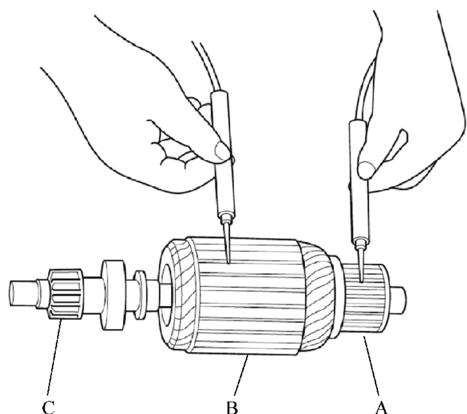


图 24-16 用万用表电阻档检查电枢是否短路

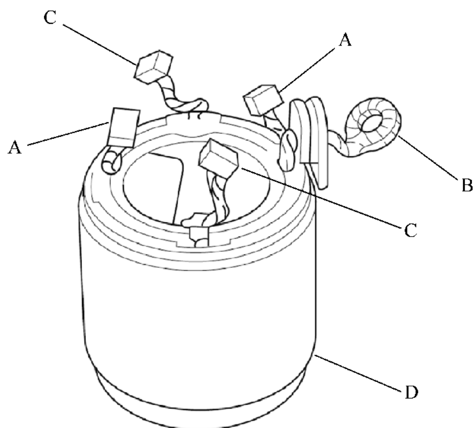


图 24-17 检查定子线圈

13）检查（+）电刷和（-）电刷之间、（+）电刷和电枢壳体之间是否导通。如果导通，则更换电枢壳体。

14）如图 24-18 所示，沿轴滑动超速离合器 A。如果不能平稳滑动，则将其更换。

15）固定主动齿轮 B，按图示方向转动超速离合器以确保自由转动。同时确保超速离合器反向锁止。如果不能在任一个方向锁止或从两个方向都锁止，则将其更换。

16）如果起动机主动齿轮磨损或损坏，则更换超速离合器总成；齿轮不能单独更换。检查飞轮或变矩器齿圈的情况。如果起动机主动齿轮轮齿损坏，则将其更换。

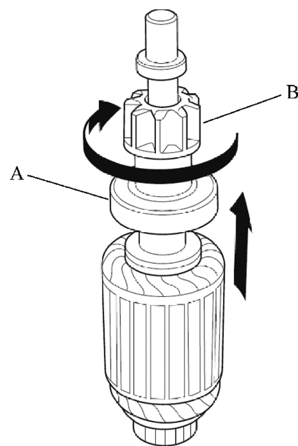
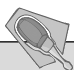


图 24-18 检查超速离合器



维修案例

桑塔纳轿车间歇性起动无力

故障现象：一辆普通桑塔纳轿车，出现了起动歇性无力的现象。

故障原因分析：起动机起动无力，可能是起动机的起动转矩不足而造成的，而造成起动转矩不足的可能原因有：

1）蓄电池电压不足，无法达到起动机正常起动的电压。

2）起动机的连接线路接触不良，电压降加大，使起动机的工作电压降低。

3）起动机安装不当，人为地造成转子与定子的碰擦。

4）起动机自身存在其他故障。

故障排除：首先用万用表检测蓄电池电压，电压正常（13V 以上）；起动发动机，测试起动机的起动电压，也正常（11V 以上）；然后，检查起动机的连接线路，无破损、松动现象；最后对起动机做多次起动试验，同时测试每次的起动电压。测试中发现，起动无力现象确实为间歇性的，该现象发生时蓄电池电压急剧下降，低于正常的起动电压。鉴于起动机是新更换的，所以暂且排除了起动机自身故障的可能性。后来怀疑可能是因起动机安装不当造成起动机运动不协调，影响了起动转矩的输出。随即对起动机的安装部位进行了仔细检查，并未发现有异常现象。拆下起动机重新安装，故障依旧。再一次拆下起动机仔细检查，发现起动机转子在变速器壳体上的前端支承座孔有异常磨损现象，镶入标准支承铜套后，铜套与座孔间有轻微松旷。

由于起动机前端支承铜套与座孔间的轻微松旷，使起动机的转子工作时因与定子不同心而间歇性地碰擦。转子与定子碰擦时，起动阻力矩增加，造成蓄电池大量放电，起动电压不足；在越过这一接触区后，转子与定子同心，起动又恢复正常。

根据支承座孔的磨损情况，选择适当的加厚铜套，镶入座孔，使铜套与座孔配合紧密，不再有松旷现象，以确保转子工作时始终保持与定子同心。



你学会了吗?

1. 起动系统由________、________、________、________等组成。
2. 起动系统的工作原理是怎样的?
3. 起动机由直流串励________、________和________三大部分组成。
4. 起动机的检修内容包括哪些?

第 25 天

充 电 系 统

学习目标

1. 了解汽车充电系统的组成与工作原理。
2. 了解汽车蓄电池的作用和交流发电机的结构组成。
3. 学会使用电压表对充电系统进行电压降测试。
4. 学会检查充电系统的充电电压和充电电流。
5. 学会检修及更换交流发电机。

基础知识

一、充电系统的组成与工作原理

汽车的充电系统主要由蓄电池、交流发电机、电压调节器、点火开关和充电指示灯等组成。充电系统的电路原理如图 25-1 所示。

打开点火开关时，充电指示灯亮起。发动机运转时，发动机带动发电机发电，发电机的 B 端子产生输出电压，为汽车电气系统提供需要的电能。发电机正常发电时，充电指示灯熄灭，S 端子用来检修蓄电池电压，以使发电机产生需要的电能。满足汽车上的电气设备用电需求后，充电系统同时给蓄电池充电，以补充蓄电池在起动等对电器供电时电能的消耗。随着汽车上用电设备的急剧增加，充电系统的作用越来越重要。

二、蓄电池

如图 25-2 所示，蓄电池安装在发动机室中，与发电机并联，起如下作用：

1）在起动时，蓄电池向起动机和点火装置供电。

2）在发电机不发电、电压较低时或发动机处于低速时，蓄电池向点火系统及其他用电设备供电。

3）当用电设备接入较多，发电机超载时，蓄电池协助发电机共同向用电设备供电。

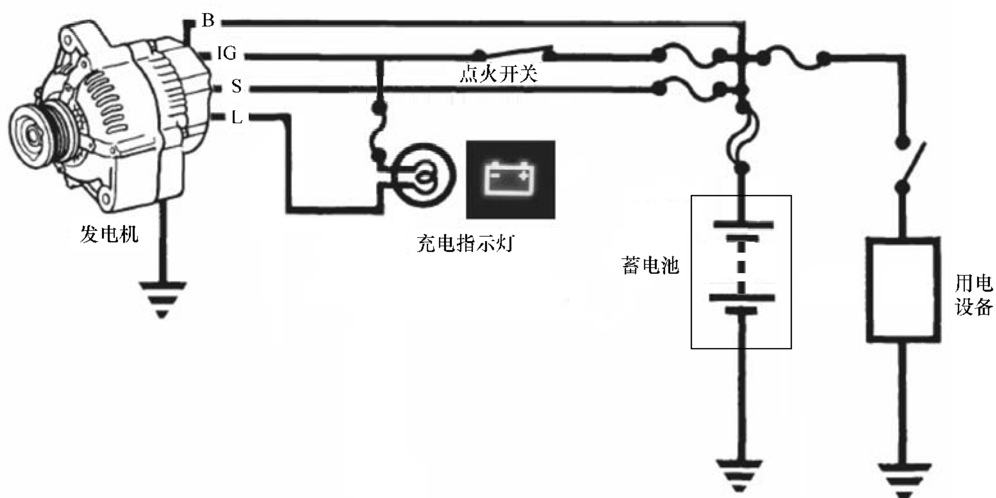


图 25-1　充电系统电路原理图

4）当蓄电池存电量不足，而发电机负载又较小时，可将发电机的电能转变为化学能量储存起来。

5）蓄电池还有稳定电路电压的作用。当发动机运转时，发电机向整个系统提供电流；蓄电池相当于一个大电容，可以吸收发电机的瞬间电压，保护电子元件不受损坏，延长其使用寿命。



图 25-2　发动机室中的蓄电池

三、交流发电机

交流发电机通过支架和螺栓安装到发动机上。发电机是汽车的主电源，在发动机的驱动下，将机械能转变为电能，为电气设备供电，不断地给蓄电池充电，确保蓄电池有足够的电量起动发动机。

如图 25-3 所示，交流发电机主要由转子（磁极），定子（电枢），整流器，电压调节器，前、后端盖，电刷与电刷架等组成。

（1）转子　用来产生磁场，由爪极、磁轭、励磁绕组、滑环、转子轴等组成。

（2）定子　安装在转子的外面，和发电机的前、后端盖固定在一起，当转子在其内部转动时，引起定子绕组中磁通的变化，定子绕组中就产生交变的感应电动势。

（3）整流器　其功用是将定子绕组的三相交流电变为直流电。整流器由整流板和整流二极管组成。

（4）电压调节器　调节交流发电机的输出电压。

（5）端盖及电刷组件　起支撑转子、定子、整流器和电刷组件的作用。后端盖上装

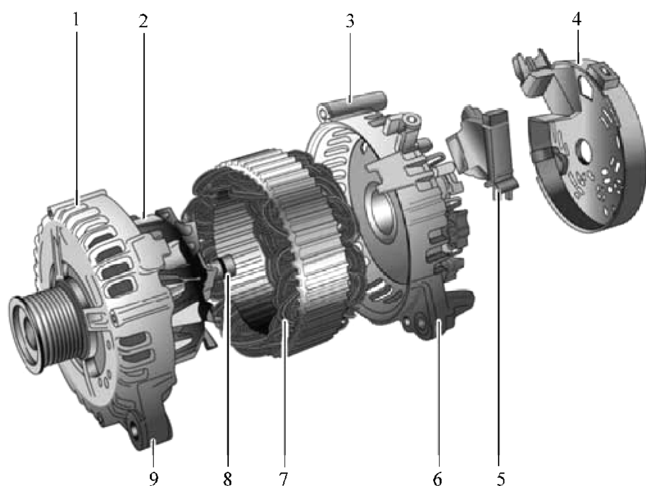


图 25-3　交流发电机的结构

1—前部轴承盖　2—转子　3—固定装置　4—盖罩　5—整流器和电压调节器（带电刷与电刷架）
6—后部轴承盖　7—定子绕组　8—滑环　9—固定装置

有电刷组件，电刷组件由电刷、电刷架和电刷弹簧组成，其作用是将电源通过滑环引入励磁绕组。两个电刷分别装在电刷架的孔内，借助弹簧压力与滑环保持接触。



实际操作

一、充电系统电压降测试

电压降测试可以探测出充电系统的接线是否有过大的电阻，这类测试可以确定交流发电机输出电路中的电压降。测试时检查两条线路（输出线路和接地线路），这是因为任意一条线路的过大电阻引起的电压降都会降低充电电流。

电压降测试示意图如图 25-4 所示，电压降测试的步骤如下：

（1）输出线路电压降

1）连接电压表正极引线和发电机输出“B”端子，电压表负极引线和蓄电池正极端子。

2）起动发动机，调节转速到大约 2000r/min。

3）读电压表，如果读数大于 0.2V，则电压降过大，需要找出电阻过大的位置并及时修复。

（2）接地线路电压降

1）连接电压表负极引线和发电机外壳，电压表正极引线和蓄电池负极端子。

2）起动发动机，调节转速到大约 2000r/min。

3）读电压表，如果读数大于 0.2V，则电压降过大，需要找出电阻过大的位置并及时修复。过大电阻有可能是由松动或者锈蚀的接头引起的。

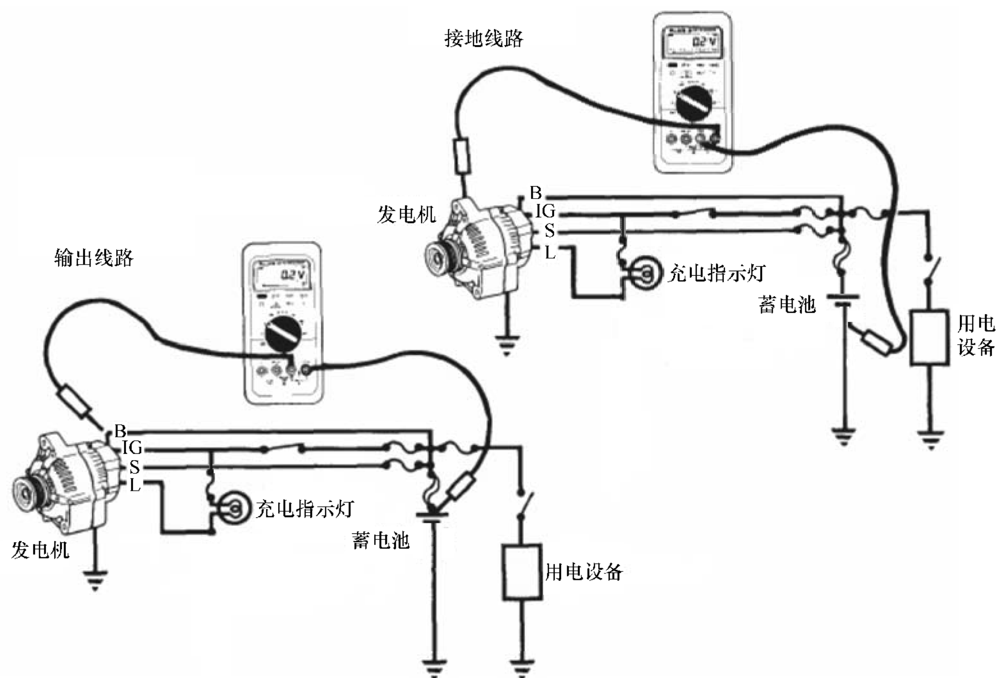


图 25-4　电压降测试示意图

二、充电电压和充电电流的检查

1）确保蓄电池正常连接，并且充足电处于良好状态。

2）如图 25-5 所示，连接电流表（量程 0 ~ 400A）和电压表（量程 0 ~ 20V，精度在 0.1V 内）。

3）起动发动机。在 P 或 N 位置（AT 车型）或空档（MT 车型）时，将发动机转速保持为 3000r/min，直至散热器风扇运转，然后使其怠速运转。

4）将发动机转速增加至 2000r/min，并保持这个转速。

5）打开前照灯（远光），并测量交流发电机端子电压是否为 13.9 ~ 15.1V。

是 – 转至步骤 6）。

否 – 更换交流发电机或修理交流发电机。

6）打开鼓风机电动机、后窗除雾器、制动灯等，调节电压至 13.5V。读取 13.5V 时的电流读数是否为 60A 或更大。

是 – 起动系统正常。

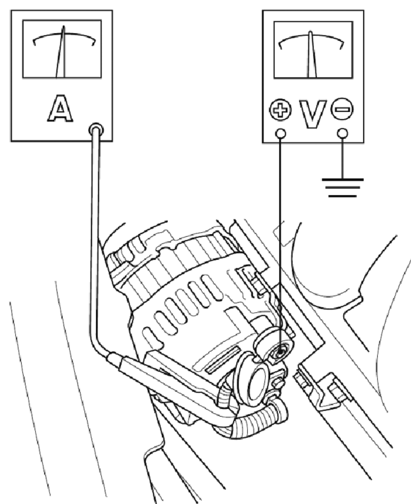


图 25-5　连接电流表和电压表

否－更换交流发电机或修理交流发电机。

三、发电机的检修

（1）发电机定子的检修

1）检查定子表面和导线表面有无伤痕，导线表面不得有擦伤、绝缘漆剥落等现象。

2）用万用表检查定子绕组线圈是否有断路、短路和搭铁等故障。如图 25-6 所示，正常时，各定子绕组接线柱之间应导通。

如果定子绕组有短路、断路和搭铁故障，应视情况进行检修或更换新件。

（2）发电机转子的检修

1）检查滑环。如图 25-7 所示，滑环表面应光洁无烧损，两滑环间不得有油污，可用蘸有汽油的布擦拭干净；若有轻微烧蚀，应用砂布打磨抛光；若失圆应视情况修理或更换；用卡尺检查滑环直径，不得小于规定值。



图 25-6　检查定子线圈导通性



图 25-7　检查滑环

2）用万用表检查转子绕组是否有短路、断路和搭铁等故障。

① 短路与断路的检查：将万用表置于电阻档，用两表笔测量电阻，一般为 2.5 ~ 5Ω。电阻为零，励磁绕组短路；电阻为∞，励磁绕组断路。

② 搭铁的检查：将万用表置于 R×10k 或 R×1k 档，两表笔分别接爪极和两滑环中的任意一个，阻值应为∞；否则，为搭铁故障。

如果转子绕组有短路、断路和搭铁故障，应视情修理或更换新件。

（3）整流器二极管的检修　对整流器二极管进行检查时，应区分正极二极管和负极二极管。与发电机输出端相连的元件板上的二极管为正极二极管，其引线为二极管的正极，元件板为二极管的负极。与发电机负极相连的元件板上的二极管为负极二极管，元件板为二极管的正极，引出线为二极管的负极。

1）正极二极管的检测：将万用表置于 R×1 档，正表笔接二极管的引出线，负表笔接元件板，正向电阻应为 8 ~ 10Ω，电阻为 0 或∞表明二极管损坏。交换表笔再次测量，反向电阻应为 10kΩ 以上，若电阻为 0 或过小表明二极管损坏。

2）负极二极管的检测：将万用表置于 R×1 档，正表笔接元件板（或端盖），负表

笔接各二极管的引线，正向电阻应为 8～10Ω，电阻为 0 或∞表明二极管损坏。交换表笔再次测量反向电阻应大于 10kΩ，电阻为零或过小表明二极管损坏。

（4）电刷和电刷架的检修

1）电刷表面不得有油污，否则应用干布浸少量汽油擦拭干净。

2）电刷在刷架中应能自由滑动，电刷架不得有裂纹和破损，弹簧折断或锈蚀应更换，弹簧张力应符合规定要求。

3）电刷外露长度应符合规定要求，电刷磨损超过新品的 1/3，则应更换电刷。

四、发电机的更换

1）断开蓄电池负极电缆。

2）拧松右前车轮固定螺栓。

3）举升车辆。

4）拆卸右前车轮。

5）拆卸右下挡泥板。

6）拧松发电机安装螺栓 1，如图 25-8 所示。

7）拧松螺栓 2。

8）拧松调节螺栓 3，使发电机传动带松弛。

9）取下发电机传动带。

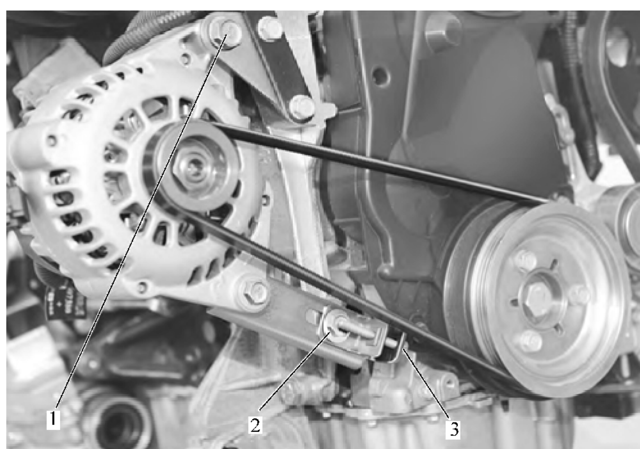


图 25-8　拆卸发电机传动带

10）拆卸线束护套 1，如图 25-9 所示。

11）拆卸螺母 2，脱开发电机线束，如图 25-10 所示。

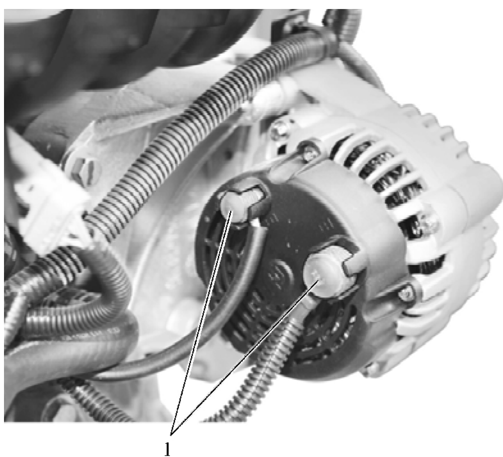


图 25-9　拆卸线束护套

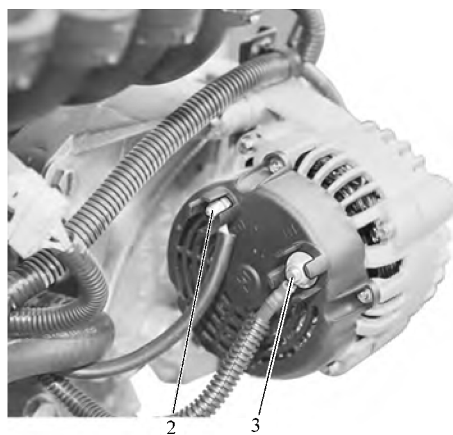


图 25-10　脱开发电机线束

12）拆卸螺母 3，脱开连接蓄电池正极电缆的线束。

13）拆卸螺栓 4 和 5，取下发电机总成，如图 25-11 所示。

14）安装新的发电机总成。

15）拧紧螺栓 5，如图 25-11 所示。拧紧力矩：(40 ±4) N·m。

16）拧紧螺栓 4，拧紧力矩：(40 ±4) N·m。

17）安装新的发电机传动带。

18）如图 25-8 所示，拧紧调节螺栓 3，使传动带张力达到 (102 ±3) N。

19）拧紧螺栓 1，拧紧力矩：(22 ±5.5) N·m。



图 25-11 拆卸发电机安装螺栓

20）拧紧螺栓 2。

21）通过曲轴带轮，转动发动机 2 ~4 圈。

22）重新检查传动带张力，必要时重复以上操作，重新调整发电机传动带张力。

23）连接发电机线束，拧紧螺母 2，如图 25-10 所示。拧紧力矩：(14 ±2) N·m。

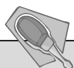
24）连接蓄电池正极电缆线束，拧紧螺母 3，拧紧力矩：(14 ±2) N·m。

25）安装护套 1，如图 25-9 所示。

26）安装右下挡泥板。

27）安装右前车轮，拧紧力矩：(90 ±15) N·m。

28）将车辆放下，使车轮着地，连接蓄电池负极电缆。



维修案例

因搭铁不良引起的充电故障

故障现象：一辆桑塔纳时代超人乘用车，突然出现起动机运转无力的现象，但起动后仪表板上的一切指示均正常。

检查排除：

1）根据经验，出现此种故障的原因通常为蓄电池电量不足。经检查，发现蓄电池已亏电，需进行充电。在车主的要求下换上一个新的蓄电池。换好后试车，一起动便成功，且无任何异常。

2）此后不久，该车又出现了同样的故障现象。由于是新的蓄电池，蓄电池本身没有问题，于是对充电系统进行检查。

3）检查发电机及蓄电池周围的连接线，未发现异常。

4）用备用蓄电池起动发动机，观察充电指示灯，充电指示灯未亮。

5）用万用表直流电压档在发电机的 B + 接线柱与外壳之间测发电机的输出电压。电压表指示为 13.7 ~14.1V，这表明发电机发电正常。

6）重新起动发动机，继续检测发电机发电情况。在发电机的 B＋接线柱与外壳之间测量，与上次所测电压相符；在蓄电池的正、负极柱间测量，却发现电压表指示值在 12.1～13.9V 之间跳动，用一导线连接发动机机体与蓄电池负极接线柱，结果电压表稳定在 13.9V 左右。这说明发电机与蓄电池之间搭铁不良。

7）举升车辆，检查发动机与车身之间的搭铁线，发现此线在车身上的一端已严重锈蚀，手轻轻一拉，即掉了下来。拆卸过程中螺栓也因锈蚀而被拧断。更换新的螺栓并固定好搭铁线后，起动发动机试车，一切正常。



你学会了吗?

1. 汽车的充电系统主要由哪些部件组成?
2. 汽车蓄电池起什么作用? 交流发电机的结构是怎样的?
3. 怎样测量充电系统的电压降?
4. 怎样检查充电系统的充电电压和充电电流。
5. 怎样更换交流发电机?

第 26 天

发动机电控系统的组成与工作原理



学习目标

1. 了解发动机电控系统的组成与工作原理。
2. 了解发动机电控系统各部分的功用。
3. 熟悉发动机控制系统的各项控制功能。
4. 了解发动机电控系统各传感器的作用与工作原理。



基础知识

一、发动机电控系统的作用与组成

发动机电控系统又称为发动机管理系统，它的作用是收集发动机的各种工况信息，经电控单元（ECU）计算分析后，发出相应指令，以控制最佳喷油量、最佳喷油时刻和最佳点火时刻，减轻排放污染，使发动机在各种工况下都处于最佳的工作状态。此外，ECU 还装有一些诊断测试软件，当出现问题时，可简化故障的排除。

汽油发动机的电控系统通常由电控单元（ECU）、传感器和执行器三大部分组成。M7 发动机电控系统（ME7.9.7）的结构如图 26-1 所示。

ECU 是发动机控制系统的核心部件。ECU 一方面接收来自传感器的信号；另一方面完成对信息的处理工作，同时发出相应的控制指令来控制执行元件的正确动作。

传感器是电控系统的“触角”，是感知信息的部件，负责把非电量信号转换成电量信号，向电控单元提供汽车的运行状况和发动机的工况。传感器布置在发动机各组成部件上。主要传感器包括：进气歧管绝对压力传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、空气流量传感器、节气门位置传感器、加速踏板位置传感器、曲轴位置和转速传感器、凸轮轴位置传感器、爆燃传感器和氧传感器等。

执行器又称执行元件，是控制系统的执行机构，其功用是接受 ECU 发出的控制指令并完成具体的执行动作。主要的执行器有：电动燃油泵、喷油器、点火线圈、怠速执行

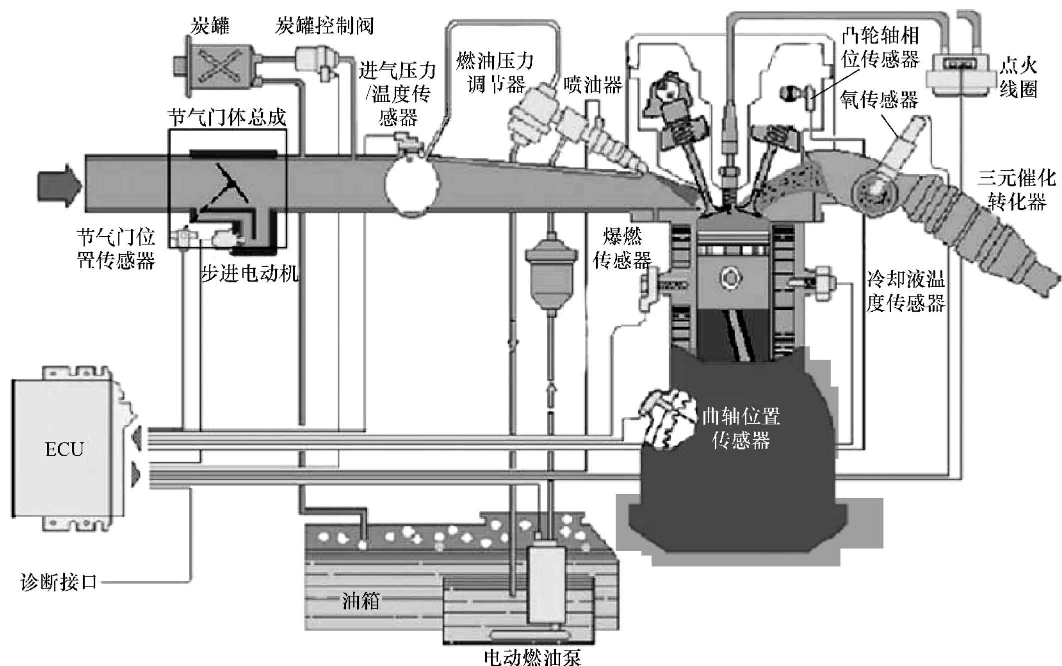


图 26-1　M7 发动机电控系统结构图

器、炭罐控制阀、电子节气门、正时控制执行器及发动机上的其他辅助设备。

二、发动机电控系统的基本工作原理

大众 1.4L 16 气门 55kW 发动机电控管理系统的结构如图 26-2 所示。该发动机控制系统具有如下功能：

1）气缸顺序点火的快速起动功能。

2）智能怠速控制。

3）智能空燃比控制。

4）智能油箱通风。

5）智能废气再循环。

6）智能爆燃控制。

7）自诊断功能。

发动机工作时，空气流量传感器或进气歧管压力/温度传感器检测进入气缸的进气量信号，曲轴位置传感器检测发动机曲轴的转速信号，节气门位置传感器检测驾驶人操作的节气门开度信号，这三个信号作为计算确定燃油喷射量的主要信息输入 ECU，再由 ECU 计算确定基本喷油量。与此同时，ECU 还要根据冷却液温度传感器、进气温度传感器和氧传感器等输入的信号计算确定辅助喷油量，用以对基本喷油量进行必要的修正，最终确定实际喷油量。当实际喷油量确定后，ECU 再根据曲轴位置传感器输入的曲轴转速和转角信号、凸轮轴相位传感器信号确定最佳喷油时刻和最佳点火时刻，并向执行器发出控制指令，控制喷油器、点火线圈等动作，实现相应的控制功能。

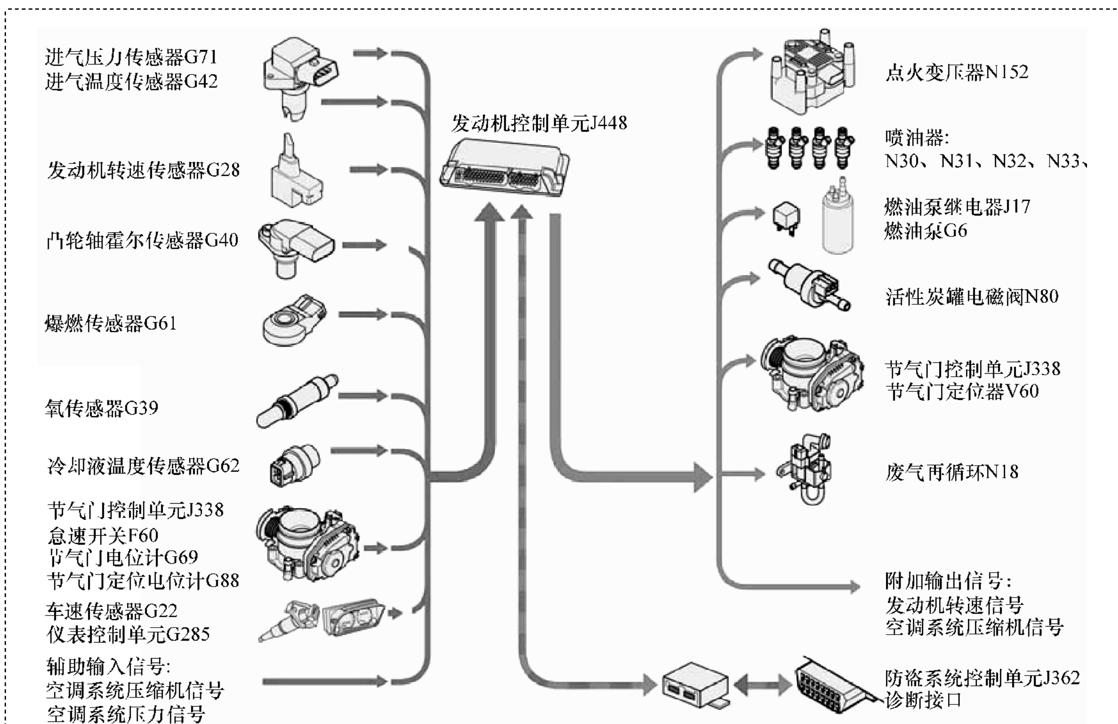


图 26-2　大众 1.4L 发动机管理系统结构图

大众 1.4L16 气门 55kW 发动机电控系统电路如图 26-3 所示。

三、发动机控制系统功能介绍

1. 起动控制

在起动过程中，要采取特殊计算方法来控制充气量、喷油和点火正时。该过程的开始阶段，进气歧管内的空气是静止的，进气歧管内部压力显示为周围大气压力。节气门关闭，怠速调节器指定为一个根据起动温度而定的固定参数。

在相似的过程中，特定的“喷油正时”被指定为初始喷射脉冲。燃油喷射量根据发动机的温度而变化，以促使进气歧管和气缸壁上的油膜的形成，因此，当发动机达到一定转速前，要加浓混合气。一旦发动机开始运行，系统立即开始减少起动加浓，直到起动工况结束时（600 ~ 700r/min）完全取消起动加浓。

在起动工况下，点火提前角也不断被调整。随着发动机温度、进气温度和发动机转速而变化。

2. 暖机和三元催化转化器的加热控制

发动机在低温起动后，气缸充气量、燃油喷射和电子点火都被调整以补偿发动机更高的转矩要求。该过程持续进行，直到发动机温度升到适当的阈值。

在该阶段中，最重要的是三元催化转化器的快速加热，因为迅速过渡到三元催化转化器开始工作可大大减少废气排放。在此工况下，采用适度推迟点火提前角的方法利用废气进行“三元催化转化器加热”。

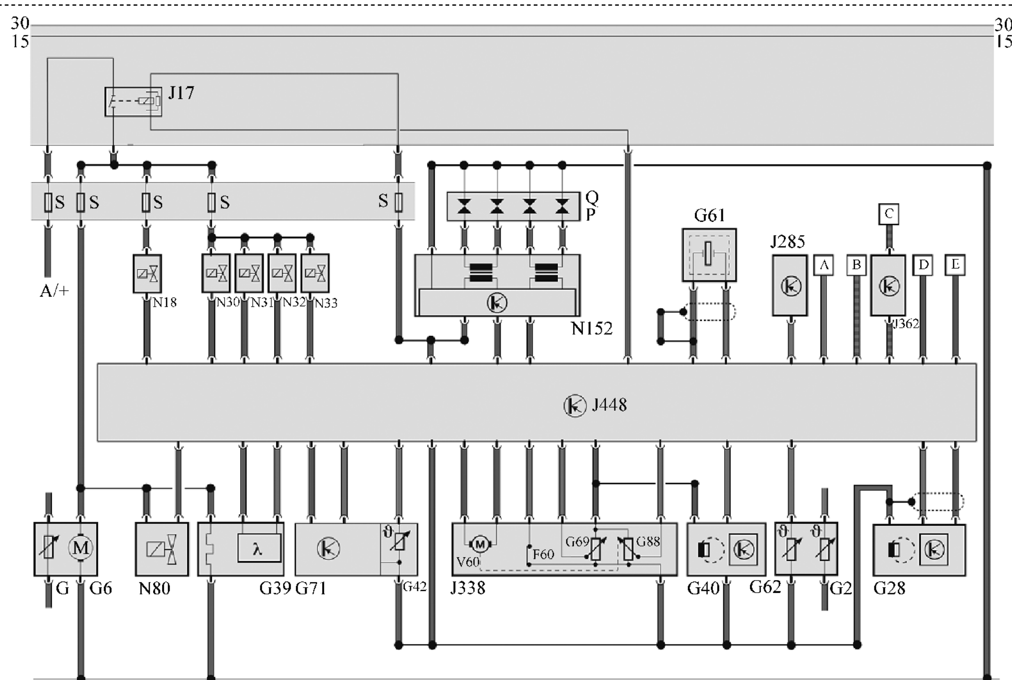


图 26-3　大众 1.4L 发动机控制系统电路图

A/+—蓄电池正极　F60—怠速开关　G—燃油存量传感器　G2—冷却液温度传感器　G6—燃油泵
G28—发动机转速传感器　G39—氧传感器　G40—霍尔传感器　G42—进气温度传感器
G61—爆燃传感器　G62—冷却液温度传感器　G69—节气门电位计　G71—进气管压力传感器
G88—节气门定位电位计　J17—燃油泵继电器　J285—仪表控制单元　J338—节气门控制单元
J362—防盗控制单元　J448—发动机控制单元　N18—废气再循环阀　N30—1 缸喷油器
N31—2 缸喷油器　N32—3 缸喷油器　N33—4 缸喷油器　N80—炭罐电磁阀　N152—点火变压器
P—火花塞接头　Q—火花塞　S—熔丝　V60—节气门定位电动机　A—空调压力信号
B—空调压缩机信号　C—诊断接头　D—燃油消耗显示器　E—发动机转速信号

3. 加速/减速和倒拖断油控制

喷射到进气歧管中的燃油有一部分不会及时到达气缸参与燃烧过程。相反，它在进气歧管壁上形成一层油膜。根据负荷的提高和喷油持续时间的延长，储存在油膜中的燃油量会急剧增加。

当节气门开度增加，部分喷射的燃油被该油膜吸收。所以，必须喷射相应的补充燃油量对其补偿并防止混合气在加速时变稀。一旦负荷系数降低，进气歧管壁上燃油膜中包含的附加燃油会重新释放，那么在减速过程中，必须减少相应的喷射持续时间。

倒拖或牵引工况是指发动机在飞轮处提供的功率是负值的情况。在这种情况下，发动机的摩擦和泵气损失可用来使车辆减速。当发动机处于倒拖或牵引工况时，喷油被切断以减少燃油消耗和废气排放，更重要的是保护了三元催化转化器。

一旦转速下降到怠速以上特定的恢复供油转速时，喷油系统重新供油。实际上，ECU 的程序中有一个恢复转速的范围。它们根据发动机温度，发动机转速动态变化等参数的变化而不同，并且通过计算防止转速下降到规定的最低阈值。

4. 怠速控制

怠速时，发动机向外界输出功率。为保证发动机在尽可能低的怠速下稳定运行，闭环怠速控制系统必须维持产生的转矩与发动机“功率消耗”之间的平衡。怠速时需要产生一定的功率，以满足各方面的负荷要求。它们包括来自发动机曲轴和配气机构以及辅助部件，如水泵的内部摩擦。

发动机管理系统以转矩为主控制策略，依据闭环怠速控制来确定在任何工况下维持要求的怠速转速所需的发动机输出转矩。该输出转矩随着发动机转速的降低而升高，随发动机转速的升高而降低。系统通过要求更大转矩以响应新的“干扰因素”，如空调压缩机的起停或自动变速器换档。

5. λ 闭环控制

三元催化转化器中的排气后处理是降低废气中有害物质浓度的有效方法。三元催化转化器可降低碳氢（HC）、一氧化碳（CO）和氮氧化物（NO_x）达 98% 或更多，把它们转化为水（H_2O）、二氧化碳（CO_2）和氮气（N_2）。不过只有在发动机过量空气系数 $\lambda=1$ 附近很狭窄的范围内才能达到这样高的效率，λ 闭环控制的目标就是保证混合气浓度在此范围内。

λ 闭环控制系统只有配备氧传感器才能起作用。氧传感器在三元催化转化器侧的位置监测废气中的氧含量，稀混合气（$\lambda>1$）产生约 100mV 的传感器电压，浓混合气（$\lambda<1$）产生约 900mV 的传感器电压。当 $\lambda=1$ 时，传感器电压有一个跃变。λ 闭环控制对输入信号作出响应（$\lambda>1$ 即混合气过稀，$\lambda<1$ 即混合气过浓）修改控制变量，产生修正因子作为乘数以修正喷油持续时间。

6. 燃油蒸发排放控制

由于外部辐射热量和回油热量传递的原因，燃油箱内的燃油被加热，并形成燃油蒸气。由于受到蒸发排放法规的限制，这些含有大量 HC 成分的蒸气不允许直接排入大气中。在系统中燃油蒸气通过导管被收集在活性炭罐中，并在适当的时候通过吹洗进入发动机参与燃烧过程。吹洗气流的流量是由 ECU 控制炭罐控制阀来实现的。该控制仅在 λ 闭环控制系统闭环工作情况下才工作。

7. 爆燃控制

系统通过安装在发动机适当位置的爆燃传感器检测爆燃产生时的特性振动，转换成电子信号以便传输到 ECU 中并进行处理。ECU 使用特殊的处理算法，在每个气缸的每个燃烧循环中检测是否有爆燃现象发生。一旦检测到爆燃则触发爆燃闭环控制。当爆燃危险消除后，受影响的气缸的点火逐渐重新提前到预定的点火提前角。

爆燃控制的阈值对不同的工况和不同标号的燃油具有良好的适应性。

8. 故障信息记录

电子控制单元不断地监测着传感器、执行器、相关的电路、故障指示灯和蓄电池电压等，乃至电子控制单元本身，并对传感器输出信号、执行器驱动信号和内部信号（如 λ 闭环控制、冷却液温度、爆燃控制、怠速转速控制和蓄电池电压控制等）进行可信度检测。一旦发现某个环节出现故障，或者某个信号值不可信，电子控制单元立即在 RAM 的故障存储器中设置故障信息记录。故障信息记录以故障码的形式储存，并按故障出现

的先后顺序显示。

故障按其出现的频度可分成“稳态故障”和“偶发故障”（例如由于短暂的线束断路或者接插件接触不良造成的故障）。

四、传感器的作用与工作原理

1. 曲轴位置传感器

曲轴位置传感器用以检测发动机曲轴的转速、转角和压缩上止点位置，并将检测到的信号及时送至发动机电控单元，用以控制点火时刻和喷油正时。

按传感器产生信号的原理，曲轴位置传感器可分为磁感应式、光电式和霍尔式。

如图 26-4 所示，磁感应式曲轴位置传感器利用旋转切割磁力线产生交变电流、电压信号，该交变信号经过整形变为发动机 ECU 能识别的数字信号，用于发动机的系统控制。飞轮齿圈和信号轮安装在一起，信号轮为 ECU 提供转速、转角、上止点信号，连续缺口处为一缸上止点。

2. 凸轮轴位置传感器

发动机的 ECU 要按顺序向各缸喷射燃油或点火，就必须先确定哪个缸即将做功，即判缸。发动机使用的凸轮轴位置传感器一般为霍尔效应式，它安装于凸轮轴附近（图 26-5），与凸轮轴上的信号轮共同工作。信号轮对应着发动机特定位置，ECM 通过该传感器测得的数字电压信号确定发动机工作的气缸，并实施点火和喷油时刻控制。



图 26-4　曲轴位置传感器

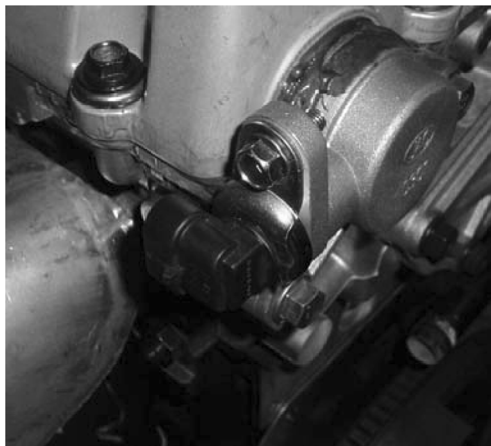


图 26-5　凸轮轴位置传感器

3. 节气门位置传感器

我们知道，驾驶人操作加速踏板时，节气门的开度就会发生变化，通过这个方式改变发动机进气量，从而控制发动机的运转，即控制发动机的功率和转矩输出。节气门位置传感器工作原理见图 26-6。不同的节气门开度标志着发动机的不同运转工况。

为了使喷油量满足不同工况的要求，电子控制汽油喷射系统在节气门体上设置有节气门位置传感器。它可以将节气门的开度转换成电信号输送给 ECU，作为 ECU 判定发动机运转工况的依据。节气门位置传感器有开关量输出型和线性可变电阻输出型两种。线

性可变电阻输出型滑触臂的转轴与节气门轴连接在同一个轴线上。滑触电阻的两端加上5V的电源电压。当节气门转动时，滑触臂跟着转动，同时在滑触电阻上移动，并且将触点的电位作为输出电压引出。所以它实际上是一个转角电位计，电位计输出与节气门位置成比例的电压信号。

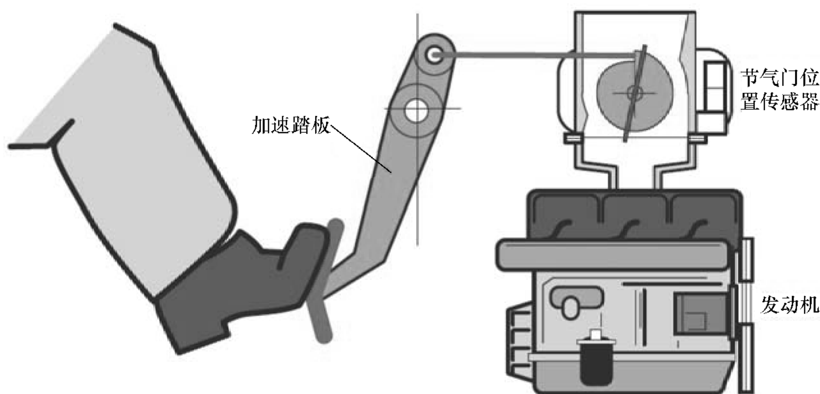


图 26-6　节气门位置传感器工作原理

4. 进气歧管压力/温度传感器

采用速度密度式空气计量法的电控系统，是通过进气压力/温度传感器（图 26-7）检测进入发动机内的空气量，进而控制喷油脉宽，精确控制发动机动力输出的。

进气压力（MAP）传感器把进气歧管压力转换成电压信号。发动机控制模块（ECM）利用这个信号确定发动机负荷的状况。进气温度（IAT）传感器内置在MAP传感器中，是一个负温度系数（NTC）的电阻，随着进气温度的升高电阻值降低，用来检测进气温度。根据从传感器发来的进气温度信号，ECM提供所需的燃油喷射量控制。



图 26-7　进气压力/温度传感器

5. 空气流量（MAF）传感器

空气流量传感器安装在空气滤清器和节气门之间，作用同进气歧管压力传感器一样，也是用来测量进入气缸内的空气量。空气流量传感器将进气量信号转换成电气信号输入电控单元，从而由电控单元计算出喷油量，控制喷油器向节气门室（进气管）喷入与进气量成最佳比例的燃油。

目前汽车上所用的空气流量传感器主要有叶片式空气流量传感器、卡门涡旋式空气流量传感器、热线式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器。热膜式空气流量传感器由热膜传感器、壳体、测量通道（桥接电路）组成。因为空气流量的变化使热膜探测表

面与空气流间热交换量变化，所以通过检测热膜探测头的热交换，就可测量出空气流量。

6. 冷却液温度传感器



图 26-8　冷却液温度传感器

如图 26-8 所示，冷却液温度传感器安装在发动机出水口上，其铜质导热套筒插入冷却液中，用来测量发动机冷却液的温度，其作用相当于一个体温计。该传感器是一个负温度系数（NTC）的热敏电阻，其电阻值随着冷却液温度上升而减小。

此传感器向发动机 ECU 提供冷却液温度信号，用于起动、怠速、正常运行时的点火正时、喷油脉宽的控制，同时向仪表提供冷却液温度信号，用于仪表的冷却液温度显示。冷却液温度信号是发动机冷起动最重要的信号，冷起动过程中的喷油量就是由冷却液温度传感器信号决定的。

7. 爆燃传感器

如图 26-9 所示，爆燃传感器安装在发动机气缸体上，一般安装在 2、3 缸（只有一个传感器时）或 1、2 和 3、4 缸之间（有两个传感器时）。

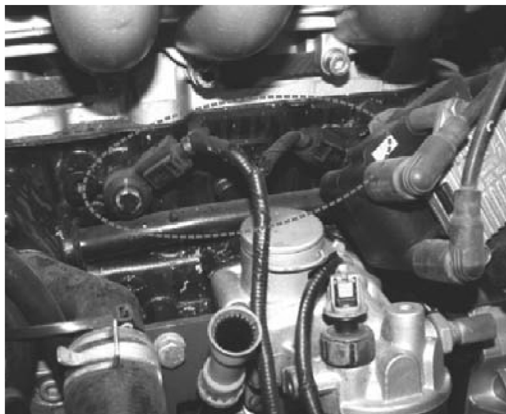


图 26-9　爆燃传感器

爆燃现象的特点是不良振动和噪声，可导致发动机损坏。爆燃传感器安装在气缸体上，检测发动机爆燃。爆燃时，气缸体的振动给压电元件施压。此时，传感器传送比规定值高的电压信号给 ECM，ECM 延迟点火提前角。如果延迟点火提前角后爆燃消失，ECM 会增大点火提前角，这样一直循环的控制能提高发动机动力、转矩和燃油经济性。

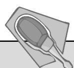
8. 氧传感器

如图 26-10 所示，氧传感器安装在排气管上，用于检测发动机废气中的氧浓度，以获得喷入发动机气缸中的燃油在吸入的空气中完全燃烧后氧是否过剩的信息。ECU 利用这一信息可以进行燃油定量的循环控制，使得发动机排气中三种主要的有毒成分即碳氢化合物（HC）、一氧化碳（CO）和氮氧化物（NO_x）都能在三元催化转化器中得到最大程度的转化和净化。

氧传感器的传感组件是一种带孔隙的陶瓷管，管壁外侧被发动机排气包围，内侧通大气。传感器根据内外侧的氧浓度差间接计算出燃油喷射的脉宽，传送给 ECU，由 ECU 再次控制喷油。氧传感器的工作电压在 0.1 ~ 0.9V 之间波动，10s 内应该变化 5 ~ 8 次，低于这个频率说明传感器老化，需要更换。



图 26-10　氧传感器的安装位置



维修案例

1. 捷达 Gix 汽车发动机抖动

故障现象：一辆捷达 Gix 汽车，起动后发动机抖动，行驶无力，如同缺缸。

故障诊断：

1）熄火后，首先检查缸线、喷油器插接线是否松动，经过检查没有发现接触不良现象。

2）检查燃油供给系统油路中燃油压力正常，点火系统有高压火。

3）用万用表测量各缸喷油器的电阻为 14Ω 左右，属正常范围。

4）用断缸法检查，发现断开 1、3、4 缸喷油器插头时，发动机抖动更加严重，发动机转速很低，几乎要熄火；而断开 2 缸喷油器插头时，发动机头部几乎无改变。这说明 2 缸不工作。

5）由于 2 缸点火正常，说明该缸的喷油器可能存在问题。2 缸的喷油控制电路如图 26-11 所示，将点火开关转到 ON 档的瞬间，电脑 ECU 80 号端子接地，燃油泵继电器吸合。用万用表测得 87 号线对地电压为电源电压，正常。但发动机工作时，87 号端子对地电压一直为电源电压，这说明喷油器控制线路存在故障。

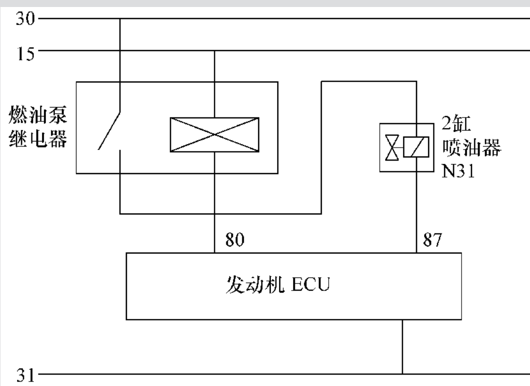


图 26-11　喷油控制电路图

6）检查喷油器 N31 到发动机 ECU 插头之间的控制线，无断路现象，说明发动机 ECU 内部发生断路，没有控制 2 缸喷油器 N31 负极线间歇性接地，导致 2 缸喷油器不工作，发动机抖动。

7）更换一个新的发动机 ECU，用诊断仪进行匹配后，发动机工作非常平稳，故障排除。

2. 宝来 1.8T 轿车烧点火线圈

故障现象：一辆宝来 1.8T 轿车的发动机出现故障，总是烧 4 缸点火线圈。

故障诊断与排除：

1）起动发动机，不能着车。经检查发现 4 缸点火线圈烧坏。询问车主得知，之前发动机抖动严重，无法正常行驶，同时发现排气管烧红。

2）更换 4 缸的点火线圈和火花塞，故障依旧。经检查，发现 4 缸点火线圈又烧坏。

3）造成点火线圈烧毁可能的原因有：

① 点火线圈接地不良。

② 点火线圈供电不良。

③ 点火线圈控制线短路。

④ 发动机 ECU 故障。

4）宝来 1.8T 发动机的点火系统电路如图 26-12 所示。点火线圈端子 1 是 J271，由多点喷射继电器 428 供电，端子 2、4 搭铁，端子 3 是发动机 ECU 的点火控制线。

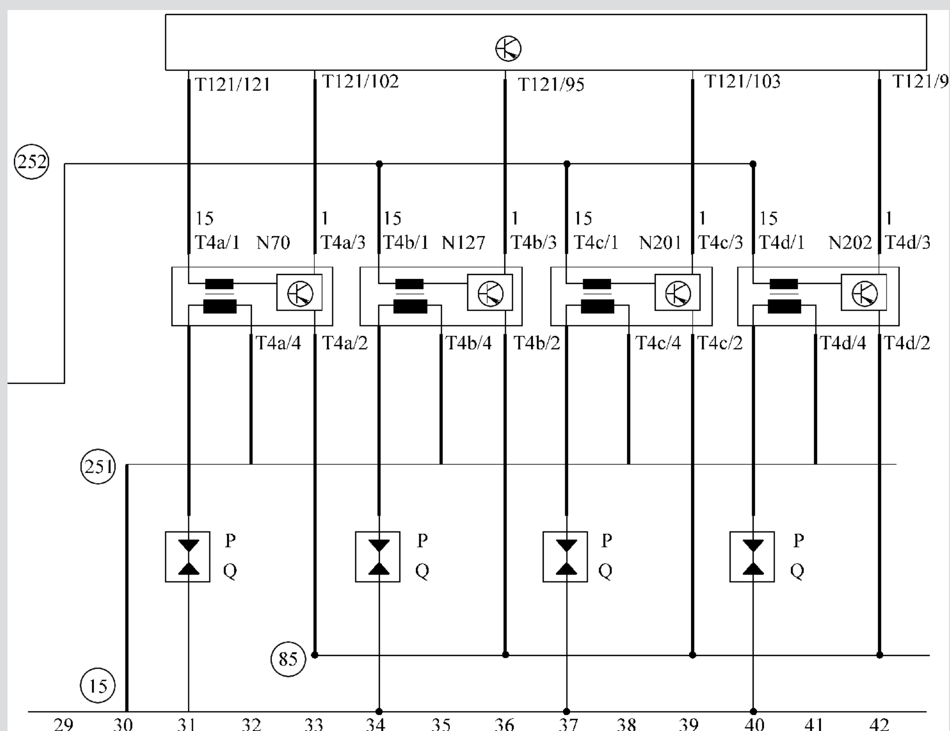


图 26-12　宝来 1.8T 点火系统电路图

5）检查点火线圈搭铁线。用万用表一端接蓄电池正极，另一端接点火线圈端子 2 或 4。测得的电压为 12.5V，说明搭铁正常。

6）点火线圈供电线。用万用表一端接点火线圈端子 1，一端接蓄电池负极，打开点火开关，测得电压 12.5V，说明点火线圈供电正常。

7）检查点火线圈端子 3。检查 4 缸点火线圈端子 3 与发动机控制单元 T121/94 间的导线，电阻为 0.5Ω，正常，且无短路、断路现象。初步判定发动机 ECU 存在故障。

8）利用万用表的二极管检查功能，将红表笔连接发动机 ECU 的端子 T121/94（点火控制），黑表笔连接发动机 ECU 的接地端子 T121/2，测得 0.6V 的电压。而红表笔分别连接发动机 ECU 的点火输出端子 T121/95、T121/102、T121/103，无电压显示。这说明 4 缸点火线圈的内部电路被击穿，使点火线圈始终处于通电状态，将点火线圈烧毁。

9）更换发动机 ECU，故障排除。为了避免发动机 ECU 再次损坏，着重清理并紧固了发动机 ECU 的搭铁点。



你学会了吗?

1. 发动机电控系统又称为________，通常由________、________和________三大部分组成。

2. 发动机电控系统的传感器有哪些? 执行器又包括哪些?

3. 发动机电控系统的基本工作原理是怎样的?

4. 发动机控制系统的功能有哪些?

5. ________用来检测发动机曲轴的转速和位置；________用来检测凸轮轴的位置；________安装在空气滤清器和节气门之间，用来测量进入气缸内的空气量。

第 27 天

发动机电控系统的检修



学习目标

1. 掌握发动机各传感器的检测方法。
2. 学会使用故障诊断仪诊断发动机电控系统。
3. 学习发动机电控系统典型故障的诊断方法。



实际操作

一、发动机传感器的检测

1. 曲轴位置传感器

曲轴位置传感器安装在变速器壳体的前部，与飞轮外缘对齐，用来检测发动机曲轴的旋转位置和转速。磁电式传感器产生交流信号，一般由线圈绕着的磁铁和两个接线端子组成。当铁质环状齿轮转动经过传感器时，由于此时线圈内磁铁通过线圈的磁通量会有一定的变化，所以线圈里会产生感应电压。

曲轴位置传感器电路如图 27-1 所示。曲轴位置传感器的检测方法如下：

1）卸下传感器接头，把数字万用表调到电阻档，两表笔分别接传感器 1 号、2 号端子，20℃ 时，额定电阻为 860×(1±10%) Ω。

2）插上传感器接头，把数字万用表调到交流电压档，两表笔分别接传感器 1 号、2 号端子，起动发动机，此时应有电压输出（建议用车用示波器检查）。

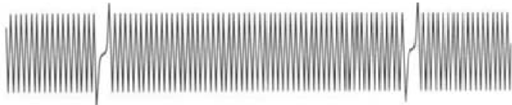




图 27-1　曲轴位置传感器波形及电路

2. 凸轮轴位置传感器

凸轮轴位置传感器安装在凸轮轴附近，用来检测凸轮轴的相位，判断 1 号气缸压缩上止点位置。凸轮轴位置传感器有一霍尔元件。当凸轮轴带动信号轮转动时，齿形变化导致磁力线强弱的变化，使霍尔元件输出电压信号。信号输入给发动机 ECU，由 ECU 根据输入的信号计算燃油喷射顺序等。如图 27-2 所示，凸轮轴位置传感器的检查方法如下：

1）检查凸轮轴位置传感器的插接件是否接触良好。

2）检查凸轮轴位置传感器三个端子之间是否相互接通。

3）检查凸轮轴位置传感器端子 C 所对应的插头棕/紫线是否有 5V 电压。

4）检查凸轮轴位置传感器端子 B 所对应的插头蓝/黄线是否与发动机 ECU 端子 05 相通，是否与蓄电池负极相通（正常传感器端子 B 与 ECU 端子 05 相通，且与蓄电池负极相通）。

5）起动发动机，检查凸轮轴位置传感器端子 A 所对应的插头蓝/黑线是否与发动机 ECU 端子 10 相通，用万用表检查是否有低电平 0～400mV、高电平 4.75～5.25V 的脉冲电压信号。

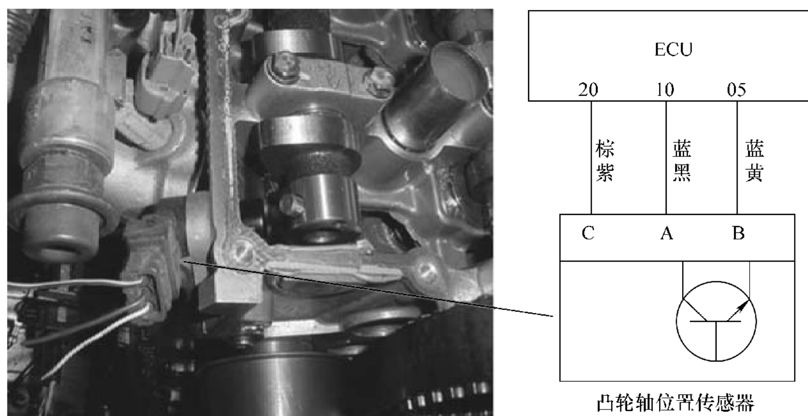


图 27-2　凸轮轴位置传感器及电路

3. 节气门位置传感器

节气门位置传感器安装在节气门体上，用来检测节气门的开度。

常见的节气门位置传感器为可变电阻式，检查节气门位置传感器时，主要检查传感器上三根线和 ECU 之间的连接是否出现短路、断路，传感器线束间是否出现短路、断路、接地现象；用万用表检测传感器信号端和地线或电源线之间的电阻变化情况，阻值应随节气门开度的增大而连续变化，如果电阻值忽大忽小或为无穷大，则需要更换节气门位置传感器；检查传感器阻值，如超出标准值很多，有可能是传感器内部脏污。

节气门位置传感器电路如图 27-3 所示。节气门位置传感器的检测方法如下：

1）接传感器 1 号、2 号端子，常温下其电阻值为 2×(1±20%)kΩ。

2）接传感器 2 号、5 号端子，转动节气门，其电阻值随节气门打开而发生线性变化，

而 2 号、6 号端子则是相反的情况。

3）接上接头，打开点火开关（但不起动发动机），把数字万用表调到直流电压档，黑表笔接地，红表笔接 3 号端子，此时应该有 5V 参考电压；接 6 号端子，节气门全闭时，其电压值为 0.3V 左右，节气门全开时，其电压值为 3V 左右。

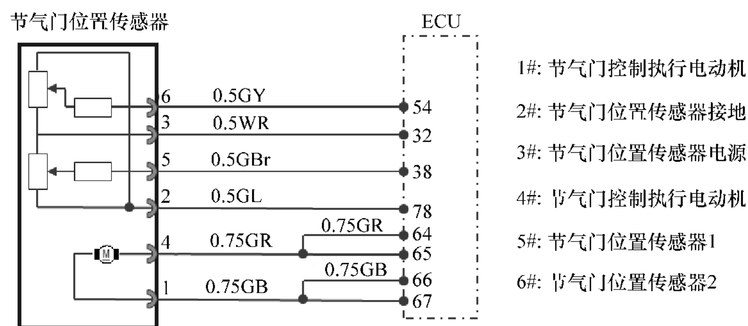


图 27-3　节气门位置传感器电路

4. 加速踏板位置传感器

加速踏板位置传感器安装在加速踏板上方，其作用是将加速踏板的位置通过电压信号的方式反馈给 ECU，ECU 通过计算控制电子节气门的开度。

如图 27-4 所示，此位置传感器有 2 个传感器电路。APP1 和 APP2 各传送一个信号。APP1 用于检测加速踏板位置，APP2 用于检测 APP1 的故障。APP1 信号电压是 APP2 信号电压的两倍。传感器信号电压与踩下加速踏板的角度成比例，在 0V 和 5V 之间变化，并被传送至 ECU。

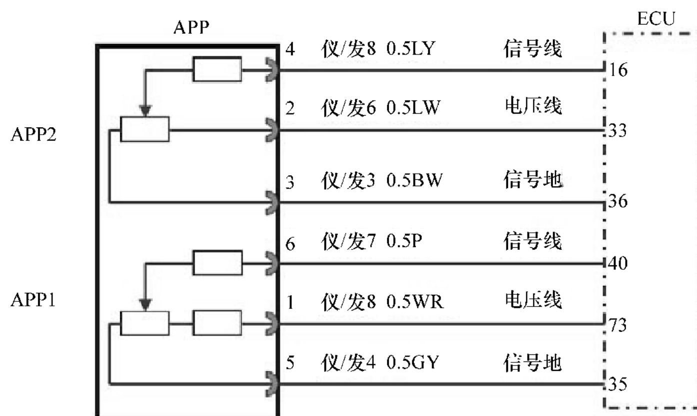


图 27-4　加速踏板位置传感器电路

加速踏板位置传感器的简单检测方法：

1）打开点火开关，不起动，不踩加速踏板时传感器 APP1、APP2 输出电压信号如下：

APP1：0.72～0.74V；APP2：0.36～0.37V。

2）打开点火开关，不起动，将加速踏板踩到底时传感器 APPP1、APPP2 输出电压信号如下：APP1：3.95V ；APP2：1.97V。

以上数值均为发动机正常状态下，用诊断仪读出来的数据，仅供参考。

5. 冷却液温度传感器

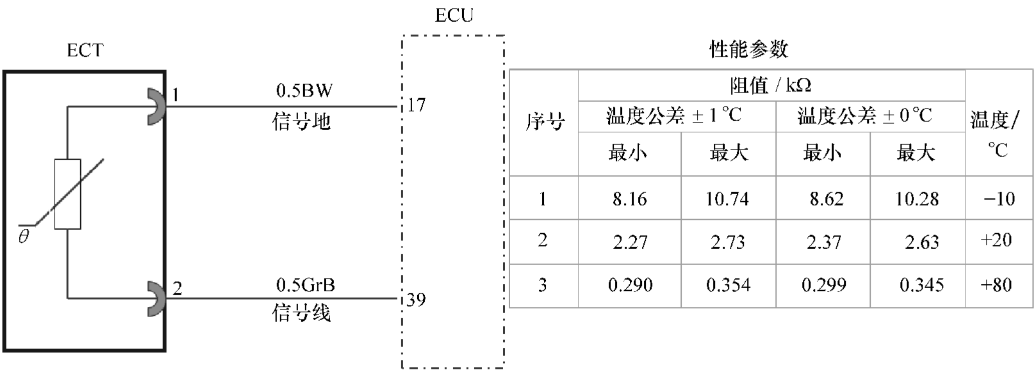
冷却液温度传感器安装在出水阀座上，向发动机电控单元提供冷却液温度信息。发动机 ECU 将该信号用于起动、怠速、正常运行时的点火正时、喷油脉宽的控制，同时该信号经 ECU 处理后向仪表提供冷却液温度信号用以驱动冷却液温度表。

冷却液温度传感器内含一负温度系数（NTC）热敏电阻，其阻值随着冷却液温度上升而减小。如图 27-5 所示，冷却液温度传感器的检测方法如下：

1）拔下传感器插头，测量传感器的信号端子是否有 5V 电压，测量插头的端子是否与 ECU 的相应端子相通。

2）检查插接件是否接触良好，端子是否变形或者腐蚀。

3）拔下传感器插头，把数字万用表调到电阻档，两表笔分别接传感器 1 号、2 号端子，20℃时额定电阻为 2.5×(1±5%)kΩ，其他参考性能参数表。



性能参数

序号	阻值 / kΩ				温度/℃
	温度公差 ±1℃		温度公差 ±0℃		
	最小	最大	最小	最大	
1	8.16	10.74	8.62	10.28	−10
2	2.27	2.73	2.37	2.63	+20
3	0.290	0.354	0.299	0.345	+80

图 27-5　冷却液温度传感器电路及参数表

6. 进气歧管压力/温度传感器

进气歧管绝对压力（MAP）传感器把进气歧管压力转换成电压信号，发动机控制模块（ECM）利用这个信号确定发动机负荷的状况；进气温度（IAT）传感器内置在 MAP 传感器中，是用来检测进气温度的电阻型传感器。根据从传感器发来的进气压力和温度信号，ECM 计算发动机的负荷，提供精确的燃油喷射量控制。

进气压力和温度传感器的检查方法如下：

1）使用检测仪检查有无故障码。

2）如有故障码，根据故障码的含义检测传感器相关的线路或传感器本身。

3）使用检测仪检查数据流，读取的进气压力数值要与当前的歧管压力一致，读取的进气温度要与当前进气歧管中气体的温度一致。如果读取的数值与当前压力和温度差别过大，拆下进气压力温度传感器检查传感器密封圈是否损坏漏气、探头是否损伤或者被

污物堵塞。

4）对于发动机怠速不稳，排除怠速控制阀等故障之后，起动发动机，在怠速时，进气歧管压力在35～55kPa之间为正常。如果数据流中歧管压力波动较大，会导致发动机怠速过高，应拆检进气压力温度传感器，确认密封圈处是否漏气，检查进气系统是否存在漏气。

7. 空气流量传感器

空气流量传感器用来测量进入发动机气缸内参与燃烧的空气质量或进气温度，使ECM精确计算出需要的喷油量，其电路如图27-6所示。热线式/热膜式空气流量传感器的检测方法如下：

1）线束导通性测试：将数字万用表设置在电阻档，测量空气流量传感器端子与电控单元端子之间的电阻，应低于1Ω。

2）电源电压测试：打开点火开关时，测量空气流量传感器供电端子电压是否正常。

3）信号电压测试：起动发动机至正常工作温度，将数字万用表设置在DC 20V档，测量空气流量传感器信号端子的反馈信号。红表笔接信号端子，黑表笔接搭铁端子、蓄电池负极或进气歧管壳体，怠速时应显示电压1.5V左右；急踩加速踏板应显示2.8V变化。

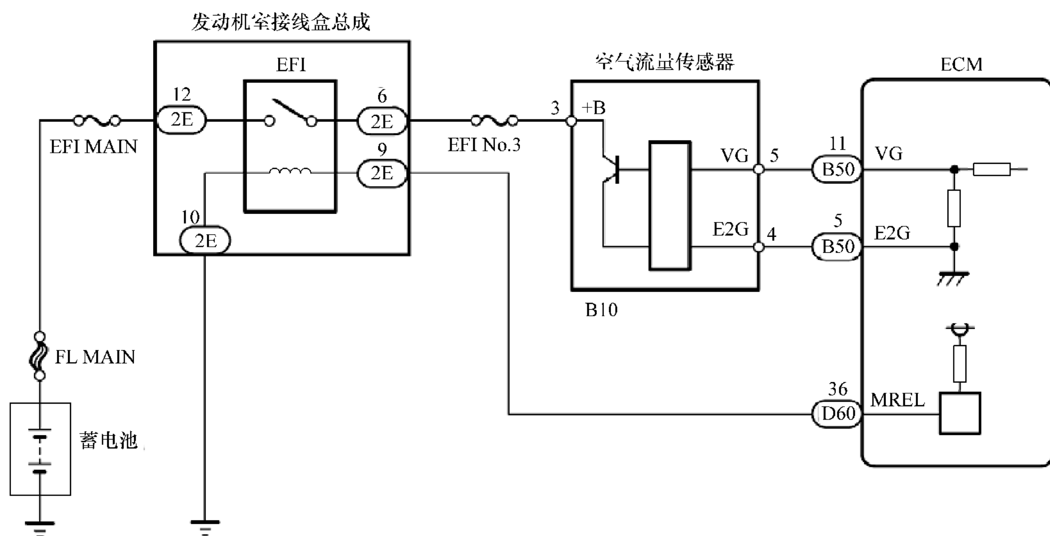


图27-6　空气流量传感器电路

8. 氧传感器

氧传感器安装在排气管上，用来检测废气中的氧浓度。ECU利用这一信息可以进行喷油量的闭环调节，精确控制混合气空燃比。加热型氧传感器的检查方法如下：

1）检查传感器上几根线的插接连接是否良好，是否有短路、断路现象。

2）检查氧传感器加热线圈电阻。脱开氧传感器线束插头，测量插头中加热线圈两端子之间的电阻值，常温下其阻值为2.5～4.9Ω。如不符合规定值，应更换氧传感器。

3）测量氧传感器反馈信号电压。发动机混合气浓时，反馈信号电压约为 0.9V，稀时约为 0.1V。使发动机在 2500r/min 运转 2～3min，然后测量氧传感器的反馈信号电压，氧传感器的工作电压在 0.1～0.9V 之间波动，10s 内应该变化 5～8 次，低于这个频率说明传感器老化，需要更换。

4）通过观察氧传感器顶尖部位的颜色也可以判断故障，具体如下：

① 淡灰色顶尖：这是氧传感器的正常颜色。

② 白色顶尖：由硅污染造成的，此时必须更换氧传感器。

③ 棕色顶尖：由铅污染造成的，如果严重，也必须更换氧传感器。

④ 黑色顶尖：由积炭造成的，排除发动机故障后可进行清洗。

9. 爆燃传感器

爆燃传感器监测发动机燃烧室内混合气的燃烧状况是否有爆燃趋势，向 ECU 提供爆燃信号，便于 ECU 更好地控制点火提前角。爆燃传感器故障时，车辆可能会有以下表现：

1）发动机发生不规则的金属敲击声。

2）发动机过热，冷却液温度过高。

3）燃料燃烧不完全，排气中有大量黑烟。

4）发动机功率下降，油耗上升。

5）发动机严重爆燃时，发动机气门、活塞等会烧蚀，曲轴轴承、火花塞等也会损坏。

爆燃传感器的简单检测方法如下：

1）卸下接头，把数字万用表调到电阻档，两表笔分别接传感器 1 号、2 号及 1 号、3 号端子，常温下其阻值应大于 1MΩ。

2）将万用表调到 mV 档，用橡胶锤敲击发动机缸体或轻轻敲打传感器（注意不要损坏传感器），此时传感器应该有电压输出。

二、汽车故障诊断仪

1. 汽车故障诊断仪的作用与使用方法

汽车故障诊断仪又称为解码器，是用来检测汽车电控系统故障的仪器设备。通过将故障诊断仪与汽车相连接就可以分析汽车的各种零件以及汽车各部分的性能，判断汽车的故障源。所以，正确使用汽车诊断仪是非常重要的。大众 VAG1551/1552 故障诊断仪的使用方法如下：

1）打开机箱，取出故障诊断仪，选择合适的测试主线和 16 针测试线。

2）将测试主线与诊断仪的一端连接，另一端与 16 针测试线连接，将 16 针测试线的另一端插入汽车的左下角仪表板的通信插座上，如图 27-7 所示。

3）打开汽车的点火开关，进入仪器的开始菜单，选择汽车诊断测试功能，然后确定。

4）如图 27-8 所示，进入汽车的各种功能测试，基本上可以完成汽车的发动机系统、变速器系统、制动系统、空调加热系统，防盗系统等 39 个可测试系统。选择其中一项即

可进入测试界面，分别进行控制电脑型号、读取故障码、清除故障码、读数据流和测试执行元件等界面。

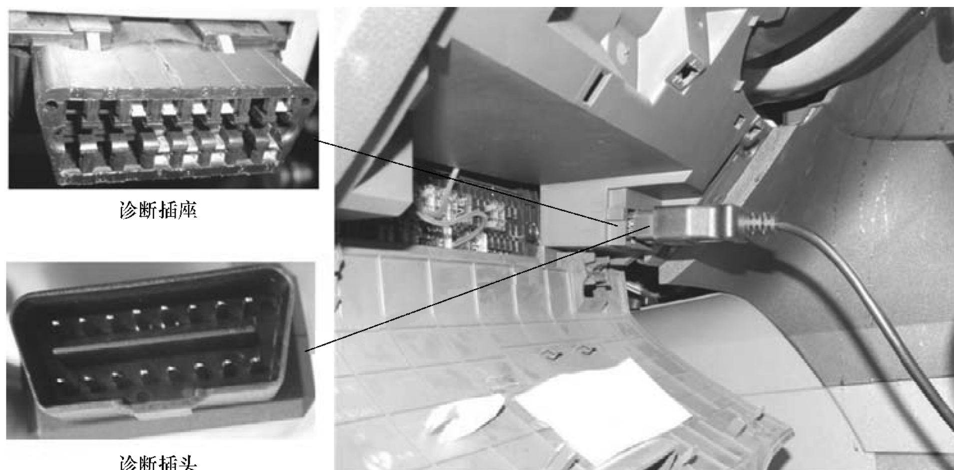


图 27-7　连接故障诊断仪



图 27-8　进入诊断测试功能界面

世界各大汽车制造企业都有各自专用的故障诊断仪器。仪器内部都有厂家专用的解码芯片。目前，国内也有众多的厂家（如元征、金德、金奔腾）制作了通用性的故障诊断仪，使用这种通用仪器只需要选择不同的解码器，就可以分别用于诊断不同厂家的汽车，但检测步骤一般都是相通的。

2. 查询并删除发动机控制单元故障内容

一汽大众速腾轿车查询及删除发动机控制单元故障存储器内容（读取和清除故障码）的方法如下：

1）按如下步骤连接大众车辆诊断仪 VAS 5051/5052：

① 将诊断连接线的插头插到驾驶人脚部空间的诊断接口上，如图 27-9 所示。

② 打开点火开关到 ON 位置。

2）选择操作模式：按下显示器上的“汽车自诊断”按钮。

3）选择汽车系统：按下显示器上的“01 – 发动机电控系统”按钮。

4）选择诊断功能：

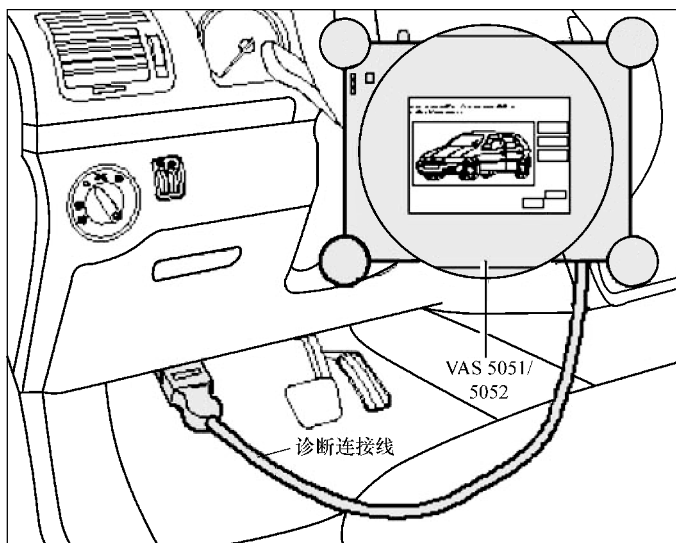
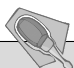


图 27-9　连接 VAS 5051/ 5052 诊断仪

① 按下显示器上的“02 – 查询故障存储器”按钮。
② 如果发动机控制单元中未存储故障，则显示器上显示“识别到 0 个故障”。
③ 如果有故障存储在发动机控制单元中，则故障会在显示器上依次显示。
④ 按压“←”按钮。
⑤ 按下显示器上的“05 – 删除故障存储器”按钮。
⑥ 按下功能“06 – 结束输出”的按钮。



维修案例

本田雅阁轿车空气流量传感器（MAF）故障

故障现象：一辆本田雅阁 2.4L 轿车在行驶几千公里后出现了故障码 P0171：混合气过稀。消除故障码，行驶一段路程后再次出现此故障码。

故障诊断与排除：

1）为确认故障，连接诊断仪查看数据，发现空燃比反馈（ST 燃油调整）值一直为 1.46。

2）查看发动机数据，后氧传感器信号电压不到 0.1V，前氧传感器和后氧传感器同时反映混合气过稀，可以确定发动机混合气确实过稀，而且前传感器没有故障。

3）查看进气系统数据。发动机怠速时，MAF 传感器数值仅为 2.6g/s，而正常值是 3.4g/s。说明测量值不符，可以确认是 MAF 传感器故障。

4）发动机 ECM 是根据进气量和发动机转速来计算基本喷油量的，由于 MAF 传感器出现了测量值偏低的故障，使发动机 ECM 根据此值计算出的喷油量偏少，造成混合气过稀。

5）更换 MAF 传感器后，故障排除。



你学会了吗?

1. 怎样检测磁电式曲轴位置传感器和节气门位置传感器?
2. 怎样检测空气流量传感器和氧传感器?
3. 汽车故障诊断仪的作用有哪些?
4. 怎样使用汽车故障诊断仪?

第 28 天

发动机电子防盗系统的组成与工作原理

学习目标

1. 了解发动机电子防盗系统的作用与组成。
2. 了解发动机电子防盗系统的工作原理。
3. 学习本田发动机防盗锁止系统的结构与工作原理。

基础知识

一、发动机电子防盗系统的作用与组成

发动机电子防盗系统又称为防起动系统，该系统直接针对发动机进行防盗，极大地提高了汽车防盗的整体安全性。除非使用的点火开关钥匙为本车辆注册的钥匙，否则发动机电子防盗系统控制车辆不能起动。除了当前配备的遥控防盗系统外，发动机电子防盗系统更大程度上降低了汽车被偷窃率。

如图 28-1 所示，发动机电子防盗系统包括位于点火开关钥匙头部的发射器（转发器）、点火开关上的天线线圈、编码的防盗控制器（电子防盗 ECU）、指示灯和发动机 ECU。很多车型的钥匙防盗模块上通常集成了天线线圈，并与点火锁芯安装在一起。

（1）发射器　安装在钥匙的塑料手柄中，它不带电源，体积小，使用寿命长。如图 28-2 所示，发射器通过在电磁场中的激励，得到电源信号和时钟信号，然后与防盗控制器进行通信。每部车一般只配两把钥匙，每个钥匙带有唯一的编码。发射器有一个高级加密法则。注册钥匙时，在发射器内部对车辆特定信息代码进行编程。车辆特定信息代码记录在发射器的永久存储器中。

（2）天线线圈　天线线圈具有以下功能：

1）天线线圈提供电源至发射器。

2）天线线圈接收来自发射器的信号。

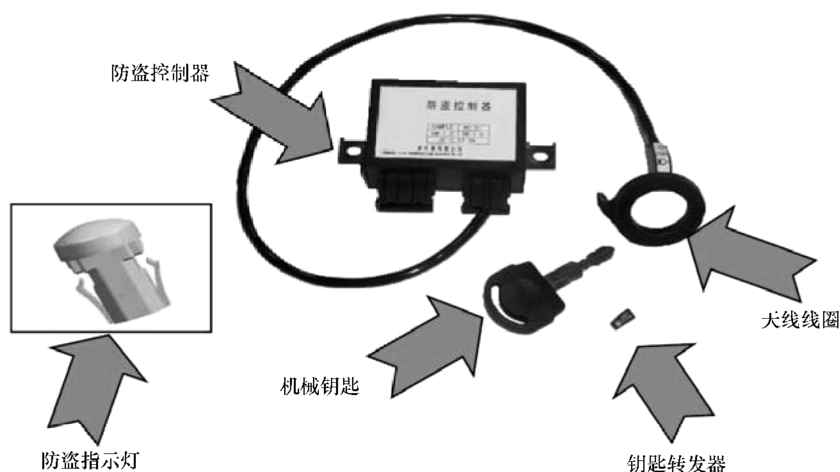


图 28-1　发动机防盗系统的组成

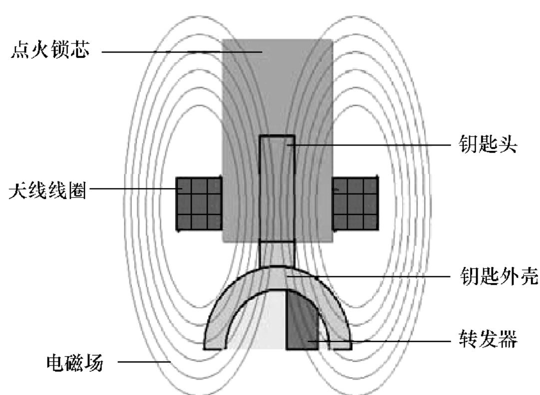


图 28-2　钥匙发射器的工作原理

3）天线线圈传送发射器信号至钥匙防盗模块。

（3）防盗控制器　防盗控制器与点火开关钥匙内置发射器之间进行 RF（无线射频）通信，把来自发射器的由天线线圈捕捉到的 RF 信号转换为串行通信信号。从 ECU 接收的串行通信信号转换为 RF 信号，并通过天线线圈传输至发射器。

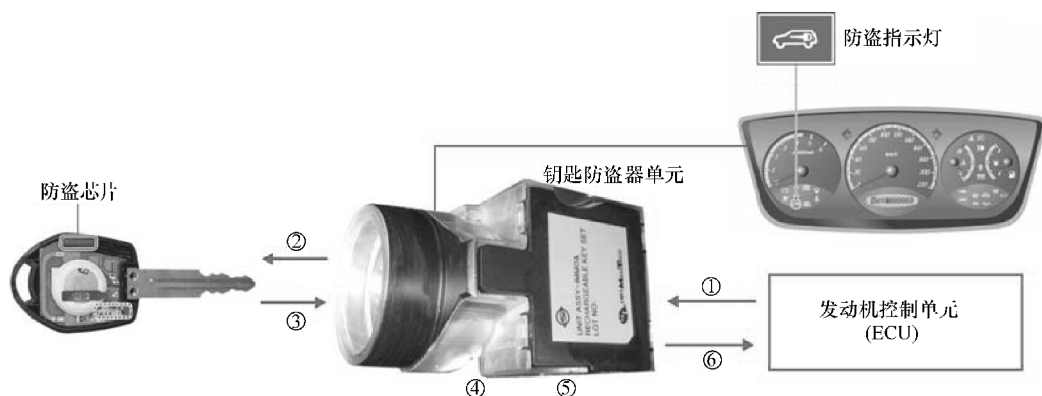
（4）发动机 ECU　发动机 ECU 利用指定的加密法则进行点火开关钥匙的认证。在发射器进行编程时，ECU 同时也进行相同的编码。只有当结果相等时，发动机才可以起动。所有对车辆有效的发射器数据储存在 ECU 中。

二、发动机电子防盗系统的工作原理

发动机电子防盗系统的工作原理如图 28-3 所示。车辆每把防盗钥匙内嵌有一个防盗

芯片（发射器），将钥匙插入点火开关锁芯并将其旋转至 ON 位置时，电子防盗 ECU 与钥匙之间通过无线射频的方式进行通信。如果钥匙被确认是合法的，则防盗 ECU 将与发动机 ECU 进行密码验证。如果密码验证正确，将允许发动机起动（点火和喷油）。

汽车发动机防盗系统需要经过钥匙（带防盗芯片）、防盗控制器和发动机 ECU 三方的加密认证后，方可起动发动机。



①插入汽车钥匙或将点火开关转到ON位置时，ECU向钥匙防盗器单元发射质询信息(以验证钥匙是否有效)。

②钥匙防盗器单元向防盗芯片发射加密编码。

③防盗芯片向钥匙防盗单元发射一个加密信号。

④发射的编码在钥匙防盗器单元内变为一个加密信号。

⑤比较防盗芯片的信号和钥匙防盗器单元内的加密信号。

⑥只有两个信号相同时，才判定钥匙为授权的钥匙并向ECU发送确认信息。

图 28-3　发动机防盗系统工作原理示意图

三、本田发动机防盗锁止系统

本田飞度汽车的发动机防盗锁止系统结构如图 28-4 所示。该系统包括一个位于点火钥匙内的收发器、一个发动机防盗锁止无钥匙控制单元、一个指示器和 ECM/PCM。

将钥匙插入点火开关中并将其转到 ON（II）位置时，发动机防盗锁止无钥匙控制单元向点火钥匙中的收发器发送能量。收发器随后通过发动机防盗锁止控制单元 - 接收器反馈一个编码信号给 ECM/PCM。滚动型代码嵌入到接收器中，而不是嵌入到 ECM/PCM 中。

维修或更换发动机防盗锁止系统的组成部件后，ECM/PCM 需与 HDS 通信一致。更换发动机防盗锁止无钥匙控制单元时，需要在新控制单元中注册所有钥匙。控制单元中未注册的钥匙将无法起动发动机。

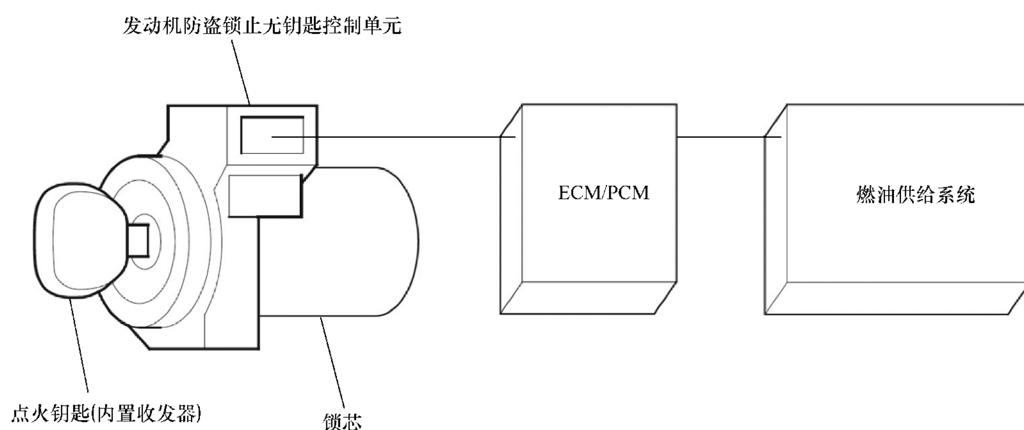


图 28-4　发动机防盗锁止系统

发动机防盗锁止系统指示灯的闪烁模式如图 28-5 所示。

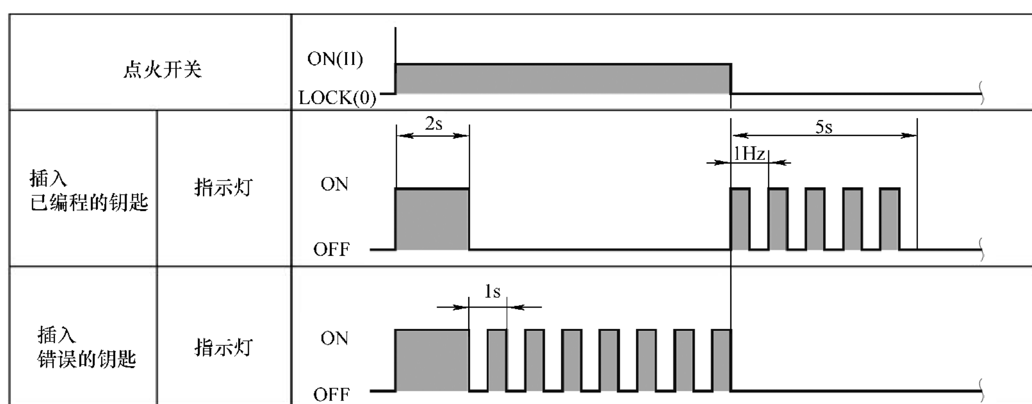


图 28-5　发动机防盗指示灯的闪烁模式

1）如果已经使用了已编程钥匙，发动机防盗锁止系统指示灯将点亮约 2s，然后熄灭。

2）点火开关转到 LOCK（0）位置时，指示灯将闪烁 5s，以表明控制单元已正常设置，然后指示灯熄灭。

3）如果使用了错误的钥匙或控制单元没有接收到或未能识别其代码，指示灯将点亮约 2s，然后将会闪烁直到点火开关转到 LOCK（0）位置。

本田飞度发动机防盗锁止系统的控制电路如图 28-6 所示。

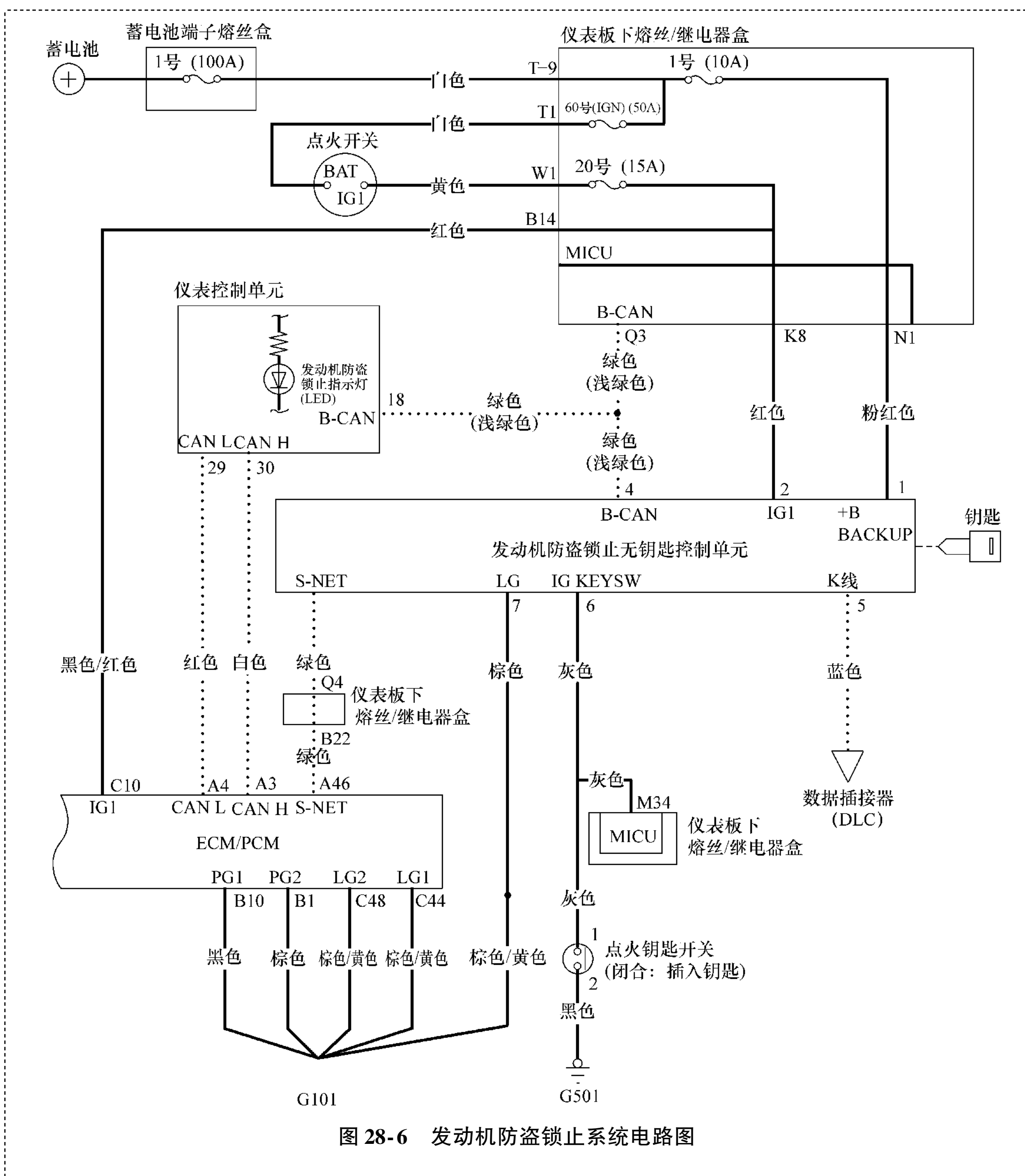


图 28-6　发动机防盗锁止系统电路图



你学会了吗?

1. 发动机电子防盗系统又称为________，该系统直接针对发动机进行防盗，极大地提高了汽车防盗的整体安全性。

2. 发动机电子防盗系统由________、________、________、________和发动机 ECU 构成。

3. 发动机电子防盗系统的工作原理是怎样的?

4. 本田发动机防盗锁止系统的工作原理是怎样的?

第 29 天

发动机电子防盗系统的维修



学习目标

1. 了解奇瑞汽车发动机防盗系统的匹配操作方法。
2. 学习本田飞度发动机防盗锁止系统的检修方法。
3. 通过故障案例了解发动机防盗系统的故障诊断方法。



实际操作

一、奇瑞汽车发动机防盗系统匹配操作

1. 匹配发动机防盗钥匙

1）连接好发动机管理系统（ECU）和防盗控制器，插上待配钥匙，打开点火开关。

2）利用诊断仪输入 PIN 码（安全代码）和学钥匙的指令。

3）若 PIN 码（安全代码）输入正确，在接收到学钥匙指令后，完成对新钥匙（转发器）的学习。

4）关闭点火开关，再打开点火开关并起动确认是否匹配成功。

2. 查询钥匙数量

利用诊断仪可查询防盗器当前已配钥匙数量和可配钥匙数量。

3. 匹配防盗控制器（防盗模块）

1）连接好发动机管理系统（ECU）和防盗控制器，插上待配钥匙，打开点火开关。

2）利用诊断仪输入 PIN 码（安全代码）。

3）利用诊断仪进入防盗器匹配单元，并进行“读 EMS 到防盗器（将 EMS 内的信息写入防盗控制器）；学防盗器到 EMS（将防盗器内的信息写入 EMS）”的步骤，操作时应该注意操作步骤的先后顺序。

4）若输入 PIN 码（安全代码）正确，执行步骤 3）也正确，则完成防盗器匹配过程。

5）关闭点火开关，再打开点火开关并起动确认是否匹配成功。

6）在完成防盗控制器匹配后，若需要用原有的钥匙，则需要对每把钥匙进行重新学习，若原来的钥匙不用，则需要重新匹配钥匙。

4. 匹配发动机管理系统（EMS）

1）连接好发动机管理系统（ECU）和防盗控制器，插上待配钥匙，打开点火开关。

2）利用诊断仪输入 PIN 码（安全代码）。

3）利用诊断仪进入防盗器匹配单元，并进行“学防盗器到 EMS（将防盗器内的信息写入 EMS），读 EMS 到防盗器（将 EMS 内的信息写入防盗控制器）”的步骤，操作时应该注意操作步骤的先后顺序。

4）若输入 PIN 码（安全代码）正确，执行步骤 3）也正确，则完成发动机管理系统（EMS）的匹配过程。

5）关闭点火开关，再打开点火开关并起动确认是否匹配成功。

6）在完成发动机管理系统（EMS）的匹配后，应该进行电子节流阀体、电子加速踏板的自学习。

5. 安全代码（PIN 码）**查询与输入**

在进行钥匙的学习、擦除钥匙、ECU 的匹配、防盗模块的匹配过程中，都需要输入安全代码，即 PIN 码，PIN 码是进行匹配过程必需的安全密码，该码在制造整车时，存储在主机厂内备案，售后服务的技术人员拥有一套特殊的软件系统，可以通过输入车辆识别码（17 位 VIN 码），计算出安全代码（PIN 码）。

因此服务站在维修过程中，如果涉及匹配钥匙、擦除钥匙、匹配 ECU、匹配防盗器，就需要从售后服务部相关负责人处获得安全代码（PIN 码）。

安全代码只能通过奇瑞的专用诊断仪输入，输入时应该注意密码中字母的大小写部分，而且如果密码输入连续出错超过一定的次数，ECU 就会永久锁定。

二、本田飞度发动机防盗锁止系统维修

1. 通过发动机防盗指示灯进行故障排除

发动机防盗锁止指示灯的模式可以帮助排除发动机防盗锁止系统故障。

（1）正常操作　如果识别出发动机防盗锁止系统代码，发动机防盗锁止系统指示灯点亮 2s，然后在将点火开关转至 ON（II）位置后熄灭。点火开关转至 LOCK（0）位置时，发动机防盗锁止指示灯不点亮。

（2）未识别出发动机防盗锁止代码　如果未识别出发动机防盗锁止系统代码，发动机防盗锁止系统指示灯点亮 2s，然后在将点火开关转至 ON（II）位置后闪烁。点火开关转至 LOCK（0）位置时，发动机防盗锁止系统指示灯闪烁 10 次。

（3）发动机防盗锁止指示灯不点亮　将点火开关转至 ON（II）位置后，如果发动机防盗锁止指示灯不点亮，则在 ECM/PCM 和仪表控制单元之间的 F－CAN 线路断路或短路。观察故障指示灯（MIL），如果 MIL 保持点亮，则需对 PGM－FI 系统进行故障排除。

（4）发动机防盗锁止指示灯不熄灭　将点火开关转至 ON（II）位置后，如果发动机

防盗锁止指示灯不熄灭，执行仪表控制单元自诊断功能。如果指示灯驱动电路正常，用HDS执行系统检查。

2. 发动机防盗锁止控制单元输入测试

1）拆下转向柱盖。

2）将7针插接器A从发动机防盗锁止无钥匙控制单元B上断开，如图29-1所示。

3）检查插接器和插座端子确保它们都连接良好。

如果端子弯曲、松动或受到腐蚀，按需要对其进行修理并重新检查系统。

如果端子看起来正常，转至步骤4）。

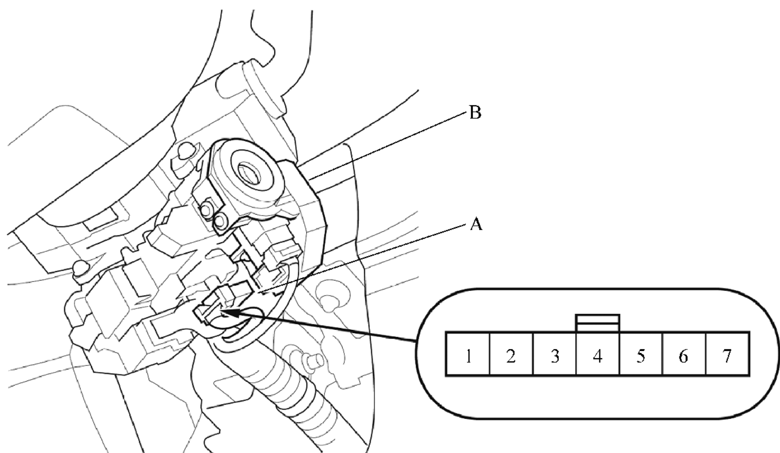


图29-1　发动机防盗锁止控制单元插接器

4）在插接器仍旧是断开的情况下，进行表29-1所示的插接器输入测试。

如果测试指示出有问题，找到并排除故障，然后重新检查系统。

如果所有输入测试都正常，发动机防盗锁止无钥匙控制单元一定有故障，将其更换。

表29-1　发动机防盗锁止单元输入测试表

插孔	导线颜色	测试条件	测试：期望结果	未能达到期望结果的可能原因
1	粉红色	所有情况下	测量发动机防盗锁止无钥匙控制单元7针插接器1号端子与车身搭铁之间的电压：应为蓄电池电压	–仪表板下熔丝/继电器盒中1号（10A）熔丝熔断 –线束断路
2	红色	点火开关转至ON位置	测量到搭铁的电压：应为蓄电池电压	–仪表板下熔丝/继电器盒中20号（15A）熔丝熔断 –线束断路
6	灰色	将点火钥匙插入点火开关中	检查与搭铁是否导通：应导通	–搭铁（G501）不良 –点火钥匙开关故障 –线束断路

（续）

插孔	导线颜色	测试条件	测试：期望结果	未能达到期望结果的可能原因
6	灰色	从点火开关中取出点火钥匙	检查是否导通：应不导通	–点火钥匙开关故障 –线束对搭铁短路
7	棕色	所有情况下	检查与搭铁是否导通：应导通	–搭铁（G101）不良 –线束断路

3. 发动机防盗锁止控制单元的更换

1）拆下转向柱盖。

2）将 7 针插接器从发动机防盗锁止无钥匙控制单元上断开。

3）拆下两个螺钉和发动机防盗锁止无钥匙控制单元。

4）按照与拆卸相反的顺序安装发动机防盗锁止无钥匙控制单元。

5）更换后，注册发动机防盗锁止无钥匙控制单元，确保发动机防盗锁止系统正常工作。

4. 发动机防盗锁止钥匙的注册

（1）注册所有的钥匙

注意：如果任一注册的钥匙丢失，执行以下程序以删除丢失的注册钥匙。

1）至少有一把原始钥匙、所有其他要注册的钥匙以及发动机防盗锁止 ECM/PCM 代码。

2）将 HDS 连接到数据插接器上。

3）将点火开关转至 ON（II）位置。

4）从“SYSTEM SELECTION MENU（系统选项菜单）”中选择 IMMOBILIZER（发动机防盗锁止）。

5）从“IMMOBILIZER MENU（发动机防盗锁止菜单）”中选择“KEYS（钥匙）”，然后选择“REWRITE KEYS（重写钥匙）”。

6）从“KEYS（钥匙）”中选择“REWRITE KEYS（重写钥匙）”。

7）根据 HDS 界面的指示执行注册操作。

8）检查发动机是否能用所有已注册的钥匙起动。

（2）所有钥匙丢失

1）准备所有新的钥匙并已有发动机防盗锁止 ECM/PCM 代码。

2）将 HDS 连接到数据插接器上。

3）将点火开关转至 ON（II）位置。

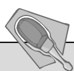
4）从“SYSTEM SELECTION MENU（系统选项菜单）”中选择 IMMOBILIZER（发动机防盗锁止）。

5）从“IMMOBILIZER MENU（发动机防盗锁止菜单）”中选择“KEYS（钥匙）”，然后选择“REWRITE KEYS（重写钥匙）”

6）从“KEYS（钥匙）”中选择“ALLKEYS LOST（所有钥匙丢失）”。

7）根据 HDS 界面的指示执行注册操作。

8）检查发动机是否能用所有已注册的钥匙起动。



维修案例

本田飞度轿车偶尔无法起动

故障现象：一辆 2008 款本田飞度轿车偶尔无法起动，在车辆无法起动时，绿色的防起动系统指示灯一直闪烁，发动机防起动系统无法正常工作。

故障分析：

本车具有发动机防起动系统，其工作原理是在将发动机防盗锁止钥匙插入点火开关并转到 ON 位置时，发动机防盗锁止控制单元向收发器发送信号，收发器随后将一个编码后的信号发回到发动机防盗锁止控制单元，该单元再将一个编码后的信号发送到 ECM/PCM。ECM/PCM 识别该编码信号，然后才向燃油泵提供工作电压。如果使用了错误的钥匙或未能识别该代码，指示灯将点亮 2s，然后将会闪烁直到点火开关转至 LOCK 位置。

故障诊断与排除：

1）重装 PCM 插接器后，车辆又可以起动。怀疑插接器接触不良，但检查 PCM 插接器未发现异常。

2）第二次无法起动时，重装 PCM 插接器仍无法起动，根据发动机防起动系统的组成，更换了防盗锁止单元和钥匙。试车故障没再现，但交车几天后车辆再次无法起动。

3）在无法起动的情况下，HDS 无法连接车辆系统，退出系统后，车辆可以起动。

4）对车辆进行检修，再次出现无法起动故障，重装 PCM 插接器和连接 HDS 都无法起动，更换 PCM 后故障依旧。

5）防起动系统的控制核心为防盗锁止单元。在无法起动的情况下，参照表 29-1，对防盗锁止单元进行输入测试。

6）如图 29-2 所示，当用万用表测量 7 号端子的对地电压时，为 0.8V，高于标准值（0.5V），异常。

7）查看图 28-6 发动机防盗锁止系统电路图可知，防盗锁止单元的 7 号端子与接地点 G101 连接，初步判定为接地不良。

8）如图 29-3 所示，处理发动机上的接地点 G101，对接地点进行拆卸、打磨和重新安装后，测量 7 号线的对地电压为 0.5V，恢复正常，车辆可以正常起动。

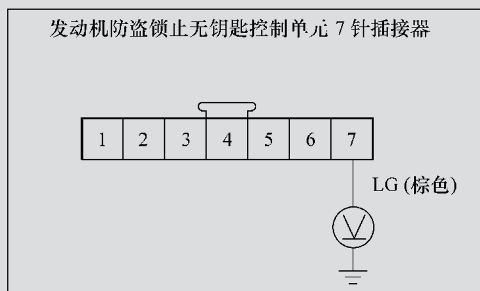


图 29-2　测量 7 号端子对地电压

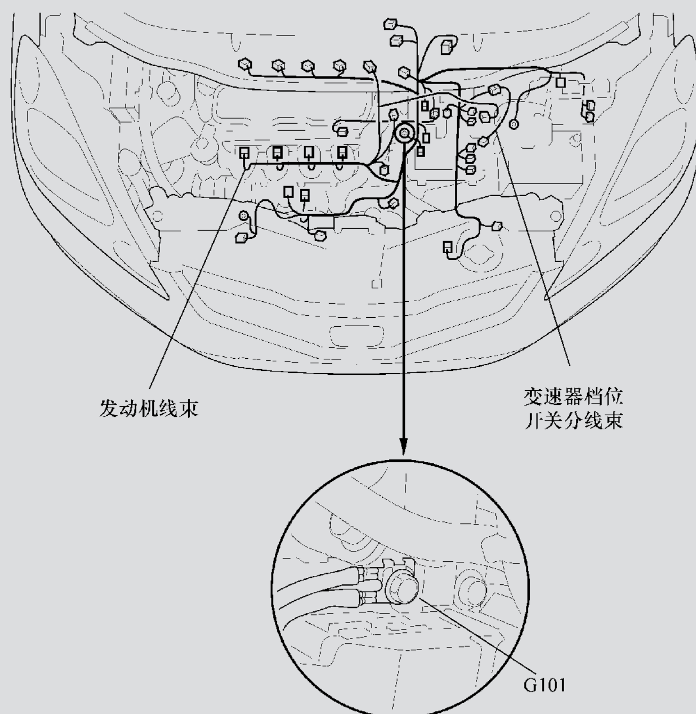


图 29-3　发动机上的接地点 G101



你学会了吗?

1. 匹配发动机防盗系统通常需要利用诊断仪输入________。
2. 发动机防盗锁止指示灯起什么作用?
3. 本田飞度发动机防盗锁止单元输入测试的线路有哪些?
4. 本田飞度发动机防盗锁止钥匙的注册方法是怎样的?

第 30 天

发动机常见故障的检修

学习目标

1. 学习发动机油耗过大故障的检修方法。
2. 学习发动机怠速不稳故障的检修方法。
3. 学习发动机不能起动故障的检修方法。
4. 学习发动机动力不足故障的检修方法。
5. 学习发动机不点火故障的检修方法。

一、发动机油耗过大

发动机油耗过大是指它的百公里油耗超过规定的标准值。油耗过大，发动机的经济性就差。影响发动机油耗的因素很多，有发动机技术状况方面的因素，也有底盘技术状况方面的因素。

（1）故障现象

发动机耗油量过大，比正常时大很多。

（2）故障原因

1）冷却液温度传感器失常。

2）空气流量传感器或进气压力传感器失常。

3）节气门位置传感器失常。

4）燃油压力过高。

5）冷起动喷油器漏油或冷起动控制失常。

6）喷油器漏油。

7）氧传感器失效。

8）点火系统故障。

9）发动机机械部件故障（气缸压力过低等）。

10）配气相位不正确。

11）ECU 及插接器故障。

（3）故障诊断与排除

1）如图30-1所示，测量冷却液温度传感器，其不同温度下的电阻值应符合标准。电阻太大，会使ECU误认为发动机处于低温状态，从而进行冷车加浓控制，使油耗增加。也可以用电脑诊断仪来检测，将诊断仪所显示的冷却液温度与发动机实际冷却液温度相比较。如有差异，说明冷却液温度传感器有故障，应更换。

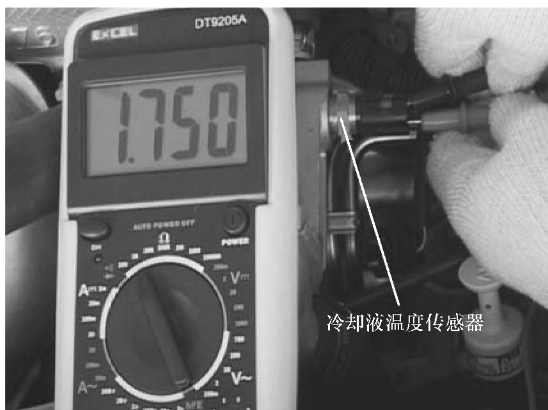


图30-1　测量冷却液温度传感器电阻

2）检测空气流量传感器或进气压力传感器，其数值应符合标准。空气流量传感器或进气压力传感器的误差会直接影响喷油量。检测结果如有异常，应更换空气流量传感器或进气压力传感器。

3）检查节气门位置传感器。在节气门处于中小开度时，全负荷开关应断开。若全负荷开关始终闭合或闭合时间过早，会使电脑始终或过早地进行全负荷加浓，从而增大油耗。

4）测量燃油压力。怠速时的燃油压力应为250kPa左右。随着节气门的开启，燃油压力应逐渐上升。节气门全开时的燃油压力约为300kPa左右。若燃油压力能随节气门开度变化而改变，但压力始终偏高，则说明油压调节器有故障，应更换。

5）检查点火高压能量、点火正时。

6）检查冷起动喷油控制是否正常。用电压表或试灯接在冷起动喷油器线束插头上，检查发动机起动时冷起动喷油器工作的持续时间是否符合标准值。若工作时间过长或起动后一直工作，则说明冷起动喷油器控制失常，应检查冷起动温度开关及控制电路。

7）拆卸喷油器，检查各喷油器有无漏油。如有异常，应清洗或更换喷油器。

8）检查发动机机械故障（气缸压力、气门是否止滞或泄漏、凸轮轴面磨损、气门正时、气门间隙、气门密封性等），检查排气系统是否堵塞、冷却系统节温器的工作情况。

二、发动机怠速不稳或易熄火

怠速不良是电控燃油喷射式发动机最常见的故障之一，它有多种表现形式，包括怠速不稳、怠速熄火、冷车怠速不良、热车怠速不良等。造成怠速不良的原因很多，常常由几种原因综合引起。该故障牵涉面很广，维修困难。在故障诊断与排除过程中，要根据故障的具体表现来分析故障原因。

（1）故障现象

发动机起动正常，但不论冷车或热车，怠速均不稳定，怠速转速过低，易熄火。

（2）故障原因

1）空气滤清器堵塞或进气歧道漏气。

2）怠速调整过低或其装置有故障。

3）点火时间推迟，火花塞积炭或损坏。

4）节气门太脏或节气门轴磨损过甚。

5）进气系统或真空部分泄漏。

6）燃油压力调节器或喷油量不佳。

7）主喷油器或冷起动喷油器工作不良。

8）废气再循环阀门泄漏；燃油泵压力不足；空气流量传感器、冷却液温度传感器等故障。

9）EGR 阀开度过大；气门或气缸密封不良；PCV 阀有故障或管路阻塞。

10）活性炭罐系统排污阀裂纹或其他故障。

（3）故障检修

1）读取故障码，根据各车型的故障码表查找故障原因。

2）若故障码正常，应检查怠速控制装置、进气和真空系统有无漏气，如 PCV 阀软管、各软管连接处是否正常。

3）检查发动机的电源电路连接，点火正时、空气滤清器滤芯和空气流量传感器的信号。

4）检查节气门有无粘连、节气门位置传感器情况。

5）检查冷却液温度传感器和进气温度传感器的情况。

6）检查火花塞，必要时测气缸压力及气门间隙。

7）检查 EF1 电路、ECU 熔丝、主继电器、进气温度传感器、节气门怠速开度传感器、喷射信号电路等。

8）怠速时逐个拔下各气缸高压线，检查发动机转速的下降量是否相等。若在拔下某缸高压线时，发动机转速基本不变，说明该缸工作不良或不工作，应检查该缸火花塞或喷油器有无故障，喷油器控制电路有无短路。

9）仔细听各缸喷油器在怠速时的工作声音。若各缸喷油器工作声音不均匀，说明各缸喷油器喷油不均匀，应拆检、清洗或更换喷油器。

10）检查燃油压力。怠速时的燃油压力为 250kPa 左右。若油压太低，应检查油压调节器、电动汽油泵、汽油滤清器。

11）检查气缸压力、气门间隙，检查怠速控制阀的工作是否正常（拔下怠速控制阀接线插头，若发动机转速无变化，应检修电路或更换其控制阀）。

三、发动机不能起动

（1）故障现象

发动机不能起动的现象主要有以下两种：起动机不能带动发动机运转，或能带动但转动缓慢；起动机能带动发动机正常转动，但不能起动。

（2）故障原因

1）蓄电池容量不足、接线柱松动或腐蚀、熔断器不正常。

2）起动电线连接不牢固，起动机、起动继电器、点火开关、空档起动开关（仅对自动变速器）及线路连接不良。

3）分电器有故障、松动，其盖下有水或水蒸气。

4）火花塞积炭或导线不良，点火正时不对或高压火花弱。

5）油量不足或油中有冷却液，燃油压力不良或喷油器堵塞、漏油，燃油滤清器、燃油

泵、燃油压力调节器、主继电器等工作不良。

6）冷起动喷油器打不开，真空管泄漏、燃油蒸气清除阀或活性炭罐不良。

7）二次空气喷射装置的吸气阀、发动机电控系统各传感器、ECU 或电路有故障。

8）废气再循环阀门不能关闭。

9）采用空气流量传感器的电喷发动机在进气管道中有漏气，使空气流量传感器的进气量信号与实际进气量不符，造成喷油量过少。

10）空气滤清器滤芯堵塞，使进气量少；空气流量传感器有故障，造成起动时的混合气浓度不正常。

11）起动开关至电脑的连线断路，使发动机电脑在起动时没有得到起动信息，无浓混合气供给。

12）点火正时不准确。

13）气缸压力太低，可燃气燃烧条件差。

（3）故障检修

1）读取故障码，按各车型的故障码表找出故障原因，并排除。

2）若故障码正常，发动机能起动，应对怠速控制阀及其线路、空气管、空气滤清器等进行检查，发现故障，予以排除。

3）检查怠速时进气管的真空度。若真空度小于 66.7kPa，应检查进气管各个管接头、衬垫、真空软管等处以及废气再循环系统、燃油蒸发回收系统、曲轴箱强制通风装置软管。

4）检查怠速空气阀。当节气门在 1/4 左右开度时发动机能起动，而节气门全关闭时发动机起动困难，应检查怠速控制阀及附加空气阀是否工作正常。

5）若火花不良，应对高压线、分电器、点火线圈、电子点火器等进行检修或更换。

6）取下火花塞，若火花塞潮湿，应检查喷油器的电阻值和有无漏油情况、喷油器电路有无短路、冷起动喷油器和温度时间开关是否失效等，排除所查出的故障。

7）检查点火正时及点火正时控制系统；用电压表和电阻表检查 EFI 系统电路，如连接线路、空气流量传感器、冷却液温度传感器、ECU 的电源电路（主继电器、熔断器等）；检查喷射信号电路（如 ECU、连接线路、喷油器）。

8）将汽车故障诊断专用插座孔用导线跨接或用专用诊断仪与诊断插座相连，使点火开关至 ON 位置，读取故障码，检测冷却液温度、空气流量、转速、曲轴位置、节气门位置和发动机转速等传感器出现的故障。

四、发动机动力不足

发动机动力不足是指它的动力性差。发动机无负荷运转时基本正常，但带负荷运转时加速缓慢，上坡无力，加速踏板踩到底时仍感到动力不足，转速提不高，达不到最高车速。

（1）故障原因

1）节气门调整不当，不能到达全开位置。

2）空气滤清器堵塞、脏污。

3）燃油压力过低。

4）气缸缺火或某缸不工作。

5）点火系统故障，点火正时不正确或高压火花弱。

6）空气流量传感器或进气歧管真空度传感器、冷却液温度传感器、节气门位置传感器故障。

7）喷油器堵塞或雾化不良。

8）废气再循环装置工作不良。

9）气缸压缩压力过低或配气正时失准。

10）排气受阻，在发动机加载时，进气歧管真空度明显偏低。

（2）故障检修

1）进行故障自诊断，检查有无故障码出现。使用诊断仪读取动态数据流或用万用表检查数据。影响动力性的传感器和执行器有：冷却液温度传感器、空气流量传感器或进气歧管压力传感器、节气门位置传感器、点火器、喷油器等。

2）将加速踏板踩到底，检查节气门能否全开。如不能全开，应调整节气门拉索或加速踏板。

3）检查空气滤清器有无堵塞。如有堵塞，应清洁或更换。

4）用点火正时灯检查点火正时。

5）检查有无明显缺缸。可做单缸断火、断油试验。

6）检查所有火花塞（图30-2）、高压线、点火线圈。如有异常，应更换。可用点火示波器观察点火波形后确认。



图30-2 检查所有火花塞

7）检查燃油压力。如压力过低，应进一步检查电动燃油泵、油压调节器、燃油滤清器等。

8）拆卸喷油器，检查喷油量是否正常。如喷油量不正常或喷油雾化不良，应清洗或更换喷油器。

9）检测空气流量传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、冷却液温度传感器、氧传感器、爆燃传感器信号。

10）检查废气再循环装置工作是否正常。

11）检查配气相位、气门间隙是否正确。

12）检查进气增压装置、可变配气正时及气门升程装置的工作情况。

13）检查排气是否畅通，三元催化转化器是否堵塞。

14）测量气缸压缩压力，检查气门、活塞积炭情况，拆检发动机等。如气缸压力过低、气门弹簧过软、配气凸轮磨损等都可导致动力下降。

五、发动机不点火

电喷发动机不点火时，首先确认防盗系统是否起作用，有无锁止发动机，然后再检查点火高压电路和低压电路（图 30-3 和图 30-4）。

（1）高压电路故障

电喷发动机点火系统的高压电路主要由点火线圈、分电器、高压线、火花塞等组成，高压电路故障原因和传统点火系统相似，主要有：

① 点火线圈二次绕组断路或短路。

② 高压线断路。

③ 分电器的分火头或分电器盖漏电。



图 30-3　检查点火线圈二次绕组电阻

（2）低压电路故障

电喷发动机电控系统具有一定的失效保护功能，除了曲轴位置传感器之外，其他传感器故障均不会导致发动机不点火。故造成低压电路故障的因素是曲轴位置传感器及其线路等，主要有：

① 点火线圈电源线路断路或短路。

② 点火线圈一次绕组断路或短路。

③ 曲轴位置传感器信号不正常。



图 30-4　检查点火线圈一次绕组电阻

④ 曲轴位置传感器至发动机电脑的线路断路、短路或接触不良。

⑤ 点火控制器有故障，或点火控制器搭铁线路断路。

⑥ 点火控制器电源线路断路或短路。

⑦ 发动机电脑至点火控制器的线路断路，或电脑电源线路断路或短路。

⑧ 发动机电脑搭铁线路或电脑本身有故障。

根据以上所述的高压电路和低压电路中的诸多原因，逐项检查和排除。



你学会了吗?

1. 发动机耗油量过大与发动机本身的哪些因素有关?
2. 怎样检修发动机怠速不稳故障?
3. 发动机不能起动的故障现象有哪两种?
4. 发动机动力不足与哪些故障原因有很大的关系?
5. 电喷发动机不点火时，应首先确认________是否起作用，然后再检查________和________。

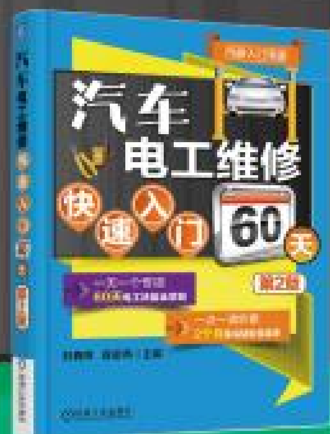
参 考 文 献

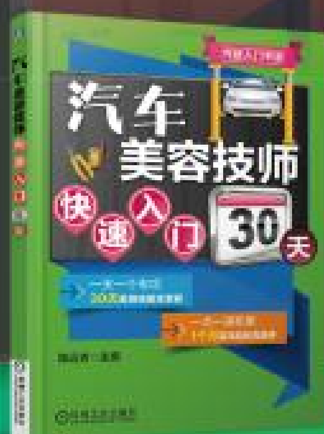
［1］邵健萍．汽车发动机构造·检测·拆装·维修［M］．北京：化学工业出版社，2015.
［2］刘宏新．汽车原理与构造［M］．北京：机械工业出版社，2015.
［3］郑为民．汽车常见故障诊断与排除［M］．北京：化学工业出版社，2014.
［4］李林．一看就懂的500项汽车构造原理［M］．北京：机械工业出版社，2014.
［5］于增信．汽车发动机构造、原理与维修［M］．北京：机械工业出版社，2014.
［6］李林．一学就会的500项汽车维修技能［M］．北京：机械工业出版社，2014.
［7］李林．汽车维修基础快速入门90天［M］．北京：机械工业出版社，2013.
［8］行文凯．汽车发动机电控系统原理与诊断维修［M］．北京：机械工业出版社，2011.
［9］石义贤，杨维俊．电控发动机结构原理及典型故障案例［M］．北京：机械工业出版社，2009.











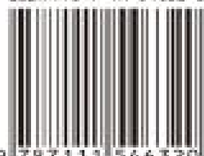


地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版


机械工业出版社微信公众号


扫一扫，加入汽车维修技能之家，
免费领取汽车维修技能视频。

上架指导 交通运输／汽车维修
ISBN 978-7-111-54632-0
策划编辑◎杜凡如 连景岩 ／封面设计◎鞠杨



定价：39.90元